This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

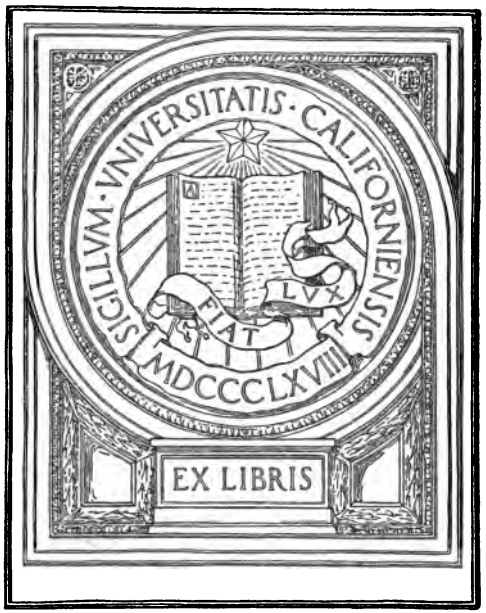
QC
21
B675
1871

UC-NRLF
$B 187 194

PHYSIKALISCHES

REPETITORIUM

IN MEMORIAM
Prof. J. Henry Senger



PHYSIKALISCHES

REPETITORIUM

ODER

DIE WICHTIGSTEN SÄTZE

DER

ELEMENTAREN PHYSIK.

PHYSIKALISCHES

REPETITORIUM

ODER

DIE WICHTIGSTEN SÄTZE

DER

ELEMENTAREN PHYSIK.

ZUM ZWECKE ERLEICHTERTER WIEDERHOLUNG

ÜBERSICHTLICH ZUSAMMENGESTELLT

VON

Dr. FERDINAND BOTHE,
Director der Königl. Provinzial-Gewerbeschule in Saarbrücken.

UNIV. OF CALIFORNIA

ZWEITE
UMGEARBEITETE UND VERVOLLSTÄNDIGTE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1871.

IN MEMORIAM

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache, sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

UNIV. OF CALIFORNIA

VORWORT

ZUR

ERSTEN AUFLAGE.

Die Erfahrung, dass scharf ausgesprochene Gesetze und Regeln, sowie kurze Definitionen bestimmter Begriffe sich dem Gedächtniss des Schülers leicht einprägen und dadurch eine Grundlage für weiteres erfolgreiches Voranschreiten gewähren, hat mich veranlasst, das vorliegende Buch der Oeffentlichkeit zu übergeben. Dasselbe kann und soll nicht dazu dienen, in die Wissenschaft einzuführen, denn dazu bedarf es des lebendigen Wortes des Vortrags, erläuternder Versuche und fleissigen Studiums eines guten Lehrbuchs; es soll vielmehr nur dem Ueberblick gewisse feste Punkte bieten und dadurch die Wiederholung erleichtern.

Obwohl viele der angeführten Gesetze nicht in aller Strenge richtig, so ist doch nicht in allen Fällen der Abweichungen gedacht, und nur einigen der wichtigsten ein besonderer Platz in dem Anhange angewiesen worden. Der Schüler wird die minder bedeutsamen im Laufe des Unterrichts würdigen lernen, und dann unterscheiden können, unter welchen Umständen sie für die Praxis Berücksichtigung verdienen.

Die mathematischen Formeln sind meist ohne Ableitung hingestellt worden, nur die über Zusammenhang zwischen Strom-

M122847

stärke, Leitungswiderstand etc. machen eine wichtige Ausnahme, weil eben hier die Ableitung selbst über die mannigfaltigen scheinbaren Widersprüche am kürzesten und schnellsten Aufklärung giebt.

Eine Sammlung physikalischer Constanten wurde zur Benutzung bei physikalischen Rechnungen und als Beleg der ausgesprochenen Gesetze zum Schlusse beigegeben.

Saarbrücken, Ende Januar 1860.

Der Verfasser.

VORWORT

ZUR

ZWEITEN AUFLAGE.

Nicht ohne Genugthuung übergiebt der Verfasser dem Publicum die zweite Auflage seines physikalischen Repetitoriums in einem neuen Gewande. Ein Vergleich mit der ersten Auflage dürfte den Beweis liefern, dass die üblichen Worte „vermehrt und vervollständigt" wohlbegründet sind, die ursprüngliche Bestimmung des Buches aber nicht aus dem Auge verloren wurde.

Die neueren bewunderungswürdigen Arbeiten von H. Helmholtz, Bunsen und Kirchhoff, Th. Graham und anderen Forschern machten eine Umarbeitung einzelner Abschnitte unvermeidlich, die Berücksichtigung wichtiger Zweige der technischen Physik erschien zweckmässig, die Hinzufügung historischer Daten angemessen. So traten acht neue Capitel hinzu; die Zahl der Paragraphen stieg von 663 auf 868, die der Erläuterungen im Anhange von 24 auf 33, endlich die der Tabellen von 31 auf 44.

Möge sich die zweite Auflage die alten Freunde erhalten und zahlreiche neue in immer weiteren Kreisen erwerben.

Saarbrücken, Ende Juni 1871.

INHALT.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Physik.

	§.	Seite
Erstes Capitel. Von den Körpern im Allgemeinen . . .	1— 10	1
Zweites Capitel. Molekular-Verhältnisse und Aggregatzustand	11— 18	2
Drittes Capitel. Grösse und Gewicht	19— 28	3
Viertes Capitel. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit .	29— 35	4
Fünftes Capitel. Von den starren Körpern	36— 43	5
Sechstes Capitel. Von den flüssigen Körpern	44— 52	7
Siebentes Capitel. Das Schwimmen der Körper	53— 60	8
Achtes Capitel. Von den luftartigen Körpern	61— 77	9
Neuntes Capitel. Der aërostatische Auftrieb	78— 82	12
Zehntes Capitel. Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern und letzterer unter sich	83—100	13
Elftes Capitel. Wechselwirkungen zwischen starren, flüssigen und luftartigen Körpern	101—106	15
Zwölftes Capitel. Diffusion der Gase	107—114	16
Dreizehntes Capitel. Von der Bewegung	115—121	18
Vierzehntes Capitel. Kraft und Arbeit	122—133	19
Funfzehntes Capitel. Vom Maasse der Zeit und Arbeit	134—141	20
Sechszehntes Capitel. Von den Schwingungen und der Wellenbewegung	142—155	21

Zweiter Abschnitt.

Lehre vom Schall: Akustik.

Siebenzehntes Capitel. Vom Schall im Allgemeinen .	156—159	24
Achtzehntes Capitel. Von der Entstehung der Töne .	160—171	25
Neunzehntes Capitel. Von den Tonscalen	172—178	28

	§.	Seite
Zwanzigstes Capitel. Tonerregung	179—201	30
Einundzwanzigstes Capitel. Interferenz und Zusammensetzung des Klanges	202—222	33
Zweiundzwanzigstes Capitel. Fortpflanzung des Schalles	223—233	36
Dreiundzwanzigstes Capitel. Von dem Mittönen	234—241	37
Vierundzwanzigstes Capitel. Das Ohr	242—251	38
Fünfundzwanzigstes Capitel. Das Stimmorgan	252—256	40
Sechsundzwanzigstes Capitel. Musikalische Instrumente	257—264	41

Dritter Abschnitt.

Lehre vom Licht: Optik.

Siebenundzwanzigstes Capitel. Vom Lichte im Allgemeinen	265—273	42
Achtundzwanzigstes Capitel. Theorie des Lichtes	274—280	43
Neunundzwanzigstes Capitel. Von der Intensität des Lichtes: Photometrie	281—286	44
Dreissigstes Capitel. Vom Sehen im Allgemeinen	287—290	45
Einunddreissigstes Capitel. Spiegelung oder Reflexion des Lichtes: Katoptrik	291—299	46
Zweiunddreissigstes Capitel. Von den durch sphärische Spiegel erzeugten Bildern	300—308	48
Dreiunddreissigstes Capitel. Brechung oder Refraction des Lichtes: Dioptrik	309—320	49
Vierunddreissigstes Capitel. Brechung des Lichtes durch Prismen	321—328	51
Fünfunddreissigstes Capitel. Brechung des Lichtes durch Linsen	329—343	52
Sechsunddreissigstes Capitel. Von den Farben	344—361	55
Siebenunddreissigstes Capitel. Von der verschiedenen Brechbarkeit der farbigen Strahlen und der Dispersion des Lichtes	362—371	57
Achtunddreissigstes Capitel. Das Spectrum	372—394	59
Neununddreissigstes Capitel. Farbige Säume optischer und physischer Bilder	395—399	62
Vierzigstes Capitel. Vom Achromatismus	400—403	62
Einundvierzigstes Capitel. Interferenz des Lichtes	404—411	63
Zweiundvierzigstes Capitel. Polarisation des Liehtes	412—427	64
Dreiundvierzigstes Capitel. Das menschliche Auge	428—443	66
Vierundvierzigstes Capitel. Scheinbare Grösse der Bilder	444—449	69
Fünfundvierzigstes Capitel. Subjective Erscheinungen	450—454	69
Sechsundvierzigstes Capitel. Die wichtigsten optischen Instrumente	455—471	70
Siebenundvierzigstes Capitel. Lichtquellen und chemische Wirkungen der Strahlen	472—484	73

Vierter Abschnitt.

Lehre von der Wärme.

	§.	Seite
Achtundvierzigstes Capitel. Von der Natur und Bewegung der Wärme	485—499	76
Neunundvierzigstes Capitel. Ausdehnung der Körper durch die Wärme	500—514	78
Funfzigstes Capitel. Calorimetrie und Wärmecapacität	515—533	80
Einundfunfzigstes Capitel. Das Schmelzen und die latente Wärme	534—546	83
Zweiundfunfzigstes Capitel. Von den Dämpfen	547—578	85
Dreiundfunfzigstes Capitel. Hygrometrie	579—588	88
Vierundfunfzigstes Capitel. Erzeugung der Wärme auf mechanischem Wege und mechanisches Aequivalent derselben	589—593	90
Fünfundfunfzigstes Capitel. Erzeugung der Wärme durch Chemismus	594—607	91
Sechsundfunfzigstes Capitel. Die Anwendung des Dampfes	608—613	92

Fünfter Abschnitt.

Lehre vom Magnetismus.

Siebenundfunfzigstes Capitel. Vom Magnetismus im Allgemeinen	614—623	94
Achtundfunfzigstes Capitel. Magnetische Vertheilung	624—631	95
Neunundfunfzigstss Capitel. Von der Coërcitivkraft	632—634	96
Sechszigstes Capitel. Magnetismus der Erde	635—653	97
Einundsechszigstes Capitel. Magnetische Instrumente	654—658	99

Sechster Abschnitt.

Lehre von der Elektrizität.

Zweiundsechszigstes Capitel. Von der Elektrizität im Allgemeinen	659—671	100
Dreiundsechszigstes Capitel. Reibungs-Elektrizität	672—680	102
Vierundsechszigstes Capitel. Die Elektrizität der Atmosphäre	681—685	104
Fünfundsechszigstes Capitel. Der elektrische Funke	686—695	105
Sechsundsechszigstes Capitel. Pyroelektrizität	696—701	106
Siebenundsechszigstes Capitel. Berührungs-Elektrizität. Galvanismus	702—714	107
Achtundsechszigstes Capitel. Der elektrische Strom und Leitungswiderstand	715—732	109
Neunundsechszigstes Capitel. Von den Wirkungen des Stromes im Allgemeinen	733—741	114

	§.	Seite
Siebenzigstes Capitel. Elektromagnetismus	742—753	115
Einundsiebenzigstes Capitel. Elektrolyse	754—767	117
Zweiundsiebenzigstes Capitel. Polarisation	768—773	118
Dreiundsiebenzigstes Capitel. Die verschiedenen Formen der Stromerreger	774—782	119
Vierundsiebenzigstes Capitel. Elektrische Apparate	783—794	121
Fünfundsiebenzigstes Capitel. Thermoelektrizität	795—801	123
Sechsundsiebenzigstes Capitel. Elektrodynamische Erscheinungen	802—818	124
Siebenundsiebenzigstes Capitel. Ampère's Theorie des Magnetismus	819—822	126
Achtundsiebenzigstes Capitel. Induction durch elektrische Ströme	823—833	126
Neunundsiebenzigstes Capitel. Induction durch Magnete: Magnetoelektrizität	834—844	128
Achtzigstes Capitel. Diamagnetismus	845—856	129
Einundachtzigstes Capitel. Elektrische Telegraphie	857—868	131

Anhang.

1. Das metrische System . . . 134
2. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit . . . 135
3. Normales Volumen der Gase nach R. Bunsen . . . 135
4. Acceleration der Schwere . . . 136
5. Zeitgleichung . . . 136
6. Die gleichschwebende Temperatur . . . 136
7. Combinationstöne höherer Ordnung . . . 136
8. Die Entstehung der Vocaltöne . . . 137
9. Die Brennlinie . . . 137
10. Intensitätsverhältniss zwischen dem gespiegelten und durchgelassenen Licht . . . 137
11. Der absolute Nullpunkt der Wärme . . . 138
12. Verhinderung der Ausdehnung durch die Wärme . . . 138
13. Ausdehnung durch die Wärme . . . 138
14. Gleichförmigkeit der Ausdehnung der Gase . . . 139
15. Specifische Wärme des Wassers . . . 139
16. Relative Wärme der Gase . . . 140
17. Verhältniss zwischen Aequivalent und specifischer Wärme . . . 140
18. Der Schmelzpunkt . . . 140
19. Verhältniss zwischen latenter und specifischer Wärme . . . 140
20. Der Erstarrungspunkt . . . 141
21. Tension des Wasserdampfes . . . 141
22. Coërcibilität der Gase . . . 142
23. Verhältniss der latenten Dampfwärme zur Dampfdichte . . . 143
24. Diffusion der Dämpfe . . . 143
25. Latente Wärme des Wasserdampfes . . . 144
26. Die Verbrennungstemperatur . . . 144
27. Die relativen Werthe der Intensität . . . 145
28. Die Variationen der Declination . . . 145
29. Die Variationen der Inclination . . . 146

Seite
30. Die Symmer'sche Hypothese 146
31. Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität 146
32. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität 147
33. Elektrochemische Theorie 147

Tabellen.

Tabelle I. Das metrische Maasssystem 148
Tabelle II. Vergleichung der wichtigsten Maasseinheiten 148
Tabelle III. Vergleichung der wichtigsten Gewichtseinheiten . . 149
Tabelle IV. Dichtigkeiten starrer und flüssiger Körper. Mittlere Werthe bei mittlerer Temperatur 150
Tabelle V. Tension in Grammen auf 1 Quadratcentimeter und reciproker Werth 150
Tabelle VI. Tension in Atmosphären à 760 Mm. und entsprechendes Volumen 151
Tabelle VII. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit der Luftarten . 152
Tabelle VIII. Es erleiden aërostatischen Auftrieb in Luft von 0° und 760 Millimeter Tension je 1 Gramme in Milligrammes 151
Tabelle IX. Löslichkeitscoëfficienten starrer Körper in Wasser . 151
Tabelle X. Volumen-Löslichkeitscoëfficienten der Gase in Wasser und Alkohol bei 760 Millimeter 153
Tabelle XI. Geschwindigkeit in Meter pro Secunde 154
Tabelle XII. Geschwindigkeit des Schalls 154
Tabelle XIII. Brechungsindices 154
Tabelle XIV. Brechende Kraft der Gase 155
Tabelle XV. Wellenlängen des Lichtes in der Luft, ausgedrückt in Millimeter, und entsprechende Schwingungszahl nach Fraunhofer 155
Tabelle XVI. Wärmeleitungsvermögen der Körper nach Wiedemann und Franz 156
Tabelle XVII. Linear-Ausdehnungscoëfficienten starrer Körper für 0° bis 100° 156
Tabelle XVIII. Volumen-Ausdehnungscoëfficienten flüssiger Körper. Mittelwerthe 156
Tabelle XIX. Volumenausdehnung des Wassers nach Kopp 157
Tabelle XX. Volumenausdehnung des Quecksilbers nach Regnault 157
Tabelle XXI. Volumenausdehnung verschiedener Flüssigkeiten . . 158
Tabelle XXII. Ausdehnung der Gase zwischen 0° bis 100° nach Magnus und Regnault 158
Tabelle XXIII. Specifische Wärme starrer Körper nach Regnault 158
Tabelle XXIV. Specifische Wärme der Flüssigkeiten nach Regnault 159
Tabelle XXV. Aenderung der specifischen Wärme mit der Temperatur 159
Tabelle XXVI. Specifische und relative Wärme der Luftarten unter constanter Tension nach Regnault 160
Tabelle XXVII. Specifische Wärme der Luftarten bei constantem Volumen und constanter Dichte 160

		Seite
Tabelle XXVIII.	Schmelzpunkte	161
Tabelle XXIX.	Latente Schmelzwärme nach Person	161
Tabelle XXX.	Schwindmaasse nach Karmarsch	161
Tabelle XXXI.	Tension des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault	162
Tabelle XXXII.	Tension der gesättigten Dämpfe von Aether, Alkohol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff in Millimeter nach Regnault	163
Tabelle XXXIII.	Tension des Quecksilberdampfes in Millimeter nach Regnault	176
Tabelle XXXIV.	Dichtigkeit der Dämpfe von 1 Atm. Tension	164
Tabelle XXXV.	Siedepunkt der Flüssigkeiten	164
Tabelle XXXVI.	Specifisches Gewicht des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault, pro Cubikdecimeter in Gramm	165
Tabelle XXXVII.	Latente und totale Wärme des Wasserdampfs nach Regnault	166
Tabelle XXXVIII.	a) Latente Wärme der Dämpfe nach Favre und Silbermann	166
	b) Latente Wärme nach Andrews	166
Tabelle XXXIX.	Specifisches Gewicht der mit Wasserdampf gesättigten Luft pro Cubik-Decimeter in Gramm	167
Tabelle XL.	Absoluter Wärmeeffect nach Favre und Silbermann	167
Tabelle XLI.	Verbrennungstemperaturen bei constanter Tension	168
Tabelle XLII.	a) Calorische Aequivalente einfacher Körper	168
	b) Calorische Aequivalente zusammengesetzter Körper	168
Tabelle XLIII.	Leitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten nach E. Becquerel	169
Tabelle XLIV.	Elektromotorische Kraft verschiedener Rheomotoren nach Poggendorff	169

ERSTER ABSCHNITT.

ALLGEMEINE PHYSIK.

Erstes Capitel.

Von den Körpern im Allgemeinen.

Sinnlich wahrnehmbar sind nur Körper, entweder direct: sie sind tastbar, sie schmecken und riechen; oder durch ihre Wirkung in die Ferne: sie tönen, wärmen und leuchten, sie üben Anziehung oder Abstossung aus. 1

Körper wird der mit Materie gefüllte Raum genannt; er zeigt die Eigenschaft des Raumes: Ausdehnung nach drei Dimensionen d. i. Grösse und Gestalt, und die der Materie: Gewicht. 2

Jeder Körper zeigt das Streben, sich lothrecht nach der Erde zu bewegen: er ist schwer und sucht zu fallen. Der Druck, welchen er in Folge dieser Eigenschaft auf einen dieses Fallen hindernden Körper ausübt, heisst Gewicht, absolutes Gewicht. 3

Das Gewicht eines Körpers hängt von der Menge der ihn bildenden Materie ab. Gleiche Materienmengen haben gleiches Gewicht. 4

Gleiche Materienmengen nehmen nicht nothwendig gleichen Raum ein: die Körper haben verschiedene Dichtigkeit. 5

Jeder Körper ist undurchdringlich, d. h. in dem von ihm eingenommenen Raume kann nicht gleichzeitig ein anderer Körper sein. Undurchdringlichkeit, Impermeabilität. 6

Jeder Körper kann seine Stellung und seinen Ort im Raume verändern. Beweglichkeit, Mobilität. 7

8 Die einzelnen Theilchen eines Körpers vermögen, ohne sich vom Ganzen zu trennen, ihre Stellung gegen einander zu ändern. Theilbeweglichkeit. Zusammendrückbarkeit — Ausdehnbarkeit.

9 Jeder Körper lässt sich durch mechanische Mittel in kleinere Theile zerlegen, deren Gesammtgewicht dem des ganzen Körpers gleich ist. Die Materie als solche bleibt dabei ungeändert. Theilbarkeit. Divisibilität. Molare Theilung.

10 Die durch mechanische Theilung hervorgebrachten kleinsten Theilchen der Körper werden Molen genannt; sie lassen sich sinnlich wahrnehmen.

Zweites Capitel.

Molekular-Verhältnisse und Aggregatzustand.

11 Die als untheilbar angenommenen kleinsten Theilchen der Körper werden Moleküle, und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte Molekularkräfte genannt.

12 Die Moleküle sind einander gleich und gleichartig, chemisch einfach oder zusammengesetzt. Im letzteren Falle besteht das einzelne Molekül aus Atomen zweier oder mehrerer chemischer Grundstoffe, welche durch die chemische Verwandtschaftskraft (Affinität) zu einem Ganzen vereinigt werden.

13 Die zwischen den Molekülen wirkende Anziehungskraft wird Cohäsion, die Abstossungskraft Expansion genannt.

14 Behalten die Körper ihre Form unter dem Einfluss der Schwere durch ihre Cohäsion selbstständig bei, so heissen sie starr oder fest, im anderen Fall flüssig. Die Cohäsion der flüssigen Körper ist gering und gestattet leichte Verschiebbarkeit der Moleküle, sowie eine Formveränderung durch die Schwere.

15 Molekular-Abstossung oder Expansion zeigt sich bei den luftartigen Körpern, deren Theilchen in Folge ihres Bestrebens, sich von einander zu entfernen, einen Druck auf die einschliessenden Gefässwände ausüben.

16 Die Moleküle eines Körpers füllen den Raum desselben nicht stetig aus, lassen vielmehr Räume zwischen sich. Eine Aenderung der Molekularabstände vermehrt oder vermindert die Dichtigkeit des Körpers.

Aeussere Einflüsse, namentlich die Wärme, ändern die Stärke und 17
Richtung der Molekularkräfte und damit die Grösse, Gestalt, Dichtigkeit, Festigkeit und den Aggregatzustand der Körper.

Die Molekular-Zwischenräume sind mit Molekülen einer unwäg- 18
baren Substanz, Aether genannt, angefüllt, welche gegen die materiellen Moleküle als verschwindend klein und leicht beweglich angenommen werden.

Drittes Capitel.

Grösse und Gewicht.

Messen heisst durch Erfahrung eine Zahl feststellen, welche 19
angiebt, wie vielmal eine als Einheit geltende Grösse — das Maass — in der zu messenden enthalten ist.

Die Einheiten der Maasse und Gewichte verschiedener Nationen 20
weichen von einander wesentlich ab, sind aber in ihrem gegenseitigen Verhältniss genau bestimmt.

Die Maasseinheit des Raumes ist entweder eine willkürlich 21
festgestellte, conventionelle, wie ~~in Preussen~~, England etc., oder aus einer von der Natur gegebenen unveränderlichen Grösse abgeleitet, natürlich, wie in Frankreich.

Zwischen der Maass- und Gewichtseinheit findet ein mehr oder 22
minder einfacher Zusammenhang statt.

Die betreffenden Original-Maassstäbe der Länge führen den Na- 23
men Etalon, und zwar:

Endflächen-Etalon (à bouts), wenn der Normalabstand der an die Endflächen gelegten Tangentialebenen die Länge darstellt,

Strich-Etalon, wenn diese Länge durch die Entfernung zweier Linien oder Punkte auf dem Stabe gegeben wird.

Der preussische Original-Fuss ist ein bei 13° Réaumur richtiger 24
stählerner Endflächen-Etalon. Der englische Original-Yard ist ein Messing-Strich-Etalon, richtig bei 62° Fahrenheit. Das Original der älteren französischen Längeneinheit, der Toise du Pérou, ist ein bei 13° Réaumur richtiger eiserner Endflächen-Etalon, welcher mit dem Etalon der Toise du Nord gleiche Länge hat.

Das Meter, die Einheit des neuen französischen Systems, soll 25
$^1/_{10000000}$ des Meridian-Erdquadranten sein. Verschiedene Gradmessungen

ergaben für diesen Werth abweichende Grössen, wodurch man sich genöthigt sah, einen endgültigen, sonach conventionellen Werth als mètre vrai et définitif festzustellen (1).

Die Originale des letzteren sind ein Endflächen-Etalon von Eisen, richtig bei 13° Réaumur, desgleichen ein aus Platin gefertigter, richtig bei 0°.

26 Das Gramm, die Einheit des französischen Gewichtssystems, ist das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser bei grösster Dichtigkeit (4,1° Celsius) im luftleeren Raume bestimmt.

27 Das deutsche, sogenannte Zoll-Pfund entspricht dem Gewichte von 500 Grammen = $^1/_2$ Kilogramm.

28 Der englische Cubikzoll Wasser wiegt in der Luft bei 30 Zoll engl. Barometerstand und 62° Fahrenheit unter Anwendung von Messinggewicht 252,458 Grain, von denen 7000 = 1 Pfund Avoir-du-pois, 5760 = 1 Pfund Troy geben.

Viertes Capitel.

Specifisches Gewicht und Dichtigkeit.

29 Das Gewicht der Cubikeinheit eines Körpers wird specifisches Gewicht genannt (2).

Beispiele sind:

1 Cub.-Cent. Wasser	wiegt	1,000 Gr. (bei + 4,1° C.).
1 Cub.-Decim. Wasser . . .	„	1000,000 Gr. = 1 Kilogramm.
1 Cub.-Decim. atmosph. Luft	„	1,29366 Gr. (normal).
1 Cub.-Fuss Preuss. Wasser	„	30,8689 Kilog. oder 66 Preuss. Pfund (bei 13° R.).

30 Das Volumen der Gewichtseinheit eines Körpers wird specifisches Volumen genannt.

Beispiele sind:

1 Gr. Wasser	besitzt das Volum von	1	Cub.-Cent. (bei + 4,1° C.).
1 Kgr. „	„ „ „ „	1000	„ = 1 Liter.
1 Kgr. Quecksilber .	„ „ „ „	73,6	„ (bei 0°).
1 Gr. atmosph. Luft	„ „ „ „	773,5	„ (normal).

31 Die Zahlenwerthe des specifischen Gewichts und Volumens sind benannt; sie sind behaftet mit den Namen der gewählten Gewichts- und Volumeneinheit.

Das normale specif. Gewicht von 1 Cub.-Decim. Wasserstoff (von 0° und 760 Mm. Tension) beträgt 0,08961 Gr. und führt den Namen Krith (Hofmann). 32

Das normale specifische Volumen von 1 Gr. Wasserstoff beträgt 11,159 Cub.-Decim. und führt den Namen Kotyl (Bothe).

Beide dienen als besondere Maasseinheiten bei wissenschaftlichen Rechnungen.

Das Verhältniss der Gewichte gleicher Volumen der Körper wird in einer Zahl — der Dichtigkeit — niedergelegt. 33

Die Dichtigkeitszahl giebt an, wie vielmal so schwer ein Körper ist, als das gleiche Volumen eines anderen, auf den sich die Dichte bezieht.

Das Verhältniss der Volumen gleicher Gewichte der Körper wird in einer Zahl — dem relativen Volumen — niedergelegt. 34

Die Zahl des „relativen Volumens" sagt, wie vielmal so gross ein Körper ist, als das gleiche Gewicht eines anderen, worauf sich dieselbe bezieht.

Dichtigkeit und relatives Volumen sind reciproke Zahlenwerthe. 35

Sie beziehen sich bei starren und flüssigen Körpern, sofern nicht ausdrücklich das Gegentheil hervorgehoben wird, stets auf Wasser.

Fünftes Capitel.

Von den starren Körpern.

In den starren Körpern erreicht die Cohäsion den grössten Werth und stellt dem Trennen einzelner Theile einen mehr oder minder grossen Widerstand, die Festigkeit, entgegen. 36

Je nach der Art und Weise, in der diese Trennung erfolgen soll, ist die Festigkeit für einen und denselben Körper verschieden, und erhält deshalb besondere Namen:

a. der Widerstand, welcher sich dem Zerreissen entgegenstellt, heisst absolute oder Zugfestigkeit;
b. der Widerstand, welcher sich dem Zerbrechen entgegenstellt, heisst relative oder Bruchfestigkeit;
c. der Widerstand, welcher sich dem Zerdrücken entgegenstellt, heisst rückwirkende oder Druckfestigkeit;

d. der Widerstand, welcher sich dem Zerdrehen entgegenstellt, heisst Torsions- oder Drehfestigkeit;

e. der Widerstand, welcher sich dem Eindringen eines anderen Körpers entgegenstellt, heisst Härte.

37 Bei Bestimmung der Härte wird der Körper bezeichnet, welcher in den zu untersuchenden eben noch einzudringen vermag. Als Prüfungskörper dienen zehn charakteristische Mineralien, welche in eine Reihe, die Härtescala, zusammengestellt und mit Zahlen bezeichnet worden sind. (**Mohs, 1804.**)

1. Talk;
2. Gyps oder Steinsalz;
3. Kalkspath;
4. Flussspath;
5. Apatit;
6. Feldspath;
7. Quarz;
8. Topas;
9. Korund;
10. Diamant.

38 Andere Molekulareigenschaften sind:

Elasticität im Gegensatz zu Plasticität;
Biegsamkeit „ „ „ Steife;
Zähigkeit „ „ „ Kürze;
Sprödigkeit „ „ „ Milde etc.

Körper, welche Plasticität und Zähigkeit vereinen, werden ductil oder geschmeidig genannt.

39 Der von dem starren Körper eingenommene Raum ist von der Materie selten, wahrscheinlich niemals vollständig ausgefüllt, es zeigen sich Lücken oder Poren. Porosität.

40 Bei dem Uebergang aus dem flüssigen oder luftförmigen Zustande in den starren lagern sich die Moleküle entweder regellos an einander: der Körper wird amorph; oder gesetzmässig: der Körper krystallisirt.

41 Die krystallisirten Körper zeigen entweder nach allen Richtungen gleiche Elasticität: die Formen sind regulär; oder dieselbe hat nach verschiedenen Richtungen verschiedene Werthe: die Formen sind mehrgliedrig.

42 Fast immer findet in Krystallen nach einer bestimmten Richtung ein geringerer Molekularzusammenhang statt, als nach allen anderen: die Krystalle sind spaltbar, sie zeigen einen charakteristischen Blätterdurchgang.

43 Zwischen den äussersten Schichten zweier Körper findet bei unmittelbarer Berührung eine eigenthümliche Anziehung statt, die mit der Cohäsion Nichts gemein hat und Anhaftekraft, Adhäsion genannt wird.

Sechstes Capitel.

Von den flüssigen Körpern.

Flüssige Körper nehmen unter dem Einfluss ihrer Cohäsion Kugelgestalt an, sie bilden Tropfen. 44

Unter dem Einfluss der Schwere füllen sie Hohlgefässe aus und gränzen sich nach oben in eine wagrechte Ebene ab. Streng genommen ist diese Ebene das Stück einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt der des Erdkörpers selbst ist. 45

Während ein auf einen starren Körper ausgeübter Druck sich nur in der ursprünglichen Richtung fortpflanzt, verbreitet sich derselbe innerhalb einer Flüssigkeit nach allen Seiten gleichartig. 46

Die Grösse des Druckes, welchen eine Flächengrösse erleidet, ist gleich dem Producte ihrer Flächeneinheiten in den Druck auf eine Flächeneinheit. 47

Der Druck auf eine horizontale Bodenfläche ist abhängig von der Dichtigkeit der Flüssigkeit und der verticalen Höhe der Flüssigkeitssäule, aber unabhängig von der Gestalt des Gefässes. 48

(Hydrostatisches Paradoxon.)

Es ist dieser Druck gleich dem Producte aus der Grösse der gedrückten Fläche in die verticale Höhe der Flüssigkeitssäule und das specifische Gewicht der Flüssigkeit.

In communicirenden Gefässen, gefüllt mit einer und derselben Flüssigkeit, findet Gleichgewicht statt, wenn alle Oberflächen in einer und derselben Horizontalebene liegen. (Canal- oder Wasserwage.) 49

Sollen Flüssigkeiten verschiedener Beschaffenheit auf die gleich grosse Bodenfläche denselben Druck ausüben, so müssen sich die verticalen Höhen der Flüssigkeitssäulen umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten. (**Alexander's** Apparat zur Bestimmung der Dichtigkeit der Flüssigkeiten.) 50

Ein in Flüssigkeit tauchender Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewicht, als das der verdrängten Flüssigkeit beträgt. 51

(Gesetz des **Archimedes**, ungefähr **200** v. Chr.)

Die Grösse, um welche sich das Gewicht des eingetauchten Körpers vermindert, heisst hydrostatischer Auftrieb.

Gleiche Raumtheile Körper von verschiedener Dichtigkeit erleiden gleichen hydrostatischen Auftrieb. 52

Der Auftrieb ist abhängig von der Dichtigkeit der Flüssigkeit und dem Volumen, aber unabhängig von der Dichtigkeit des eingetauchten Körpers.

Siebentes Capitel.

Das Schwimmen der Körper.

53 Ein Körper schwimmt, wenn er ganz oder theilweise in eine Flüssigkeit tauchend, seinen Platz behauptet.

Dieser Gleichgewichtszustand fordert Gleichheit des Gewichts und Auftriebs.

54 Zwischen Gewicht und Auftrieb eines ganz in Flüssigkeit eingetauchten Körpers finden je nach der Dichtigkeit beider Substanzen verschiedene Beziehungen statt:

a. Die Dichtigkeit des Körpers ist grösser, als die der Flüssigkeit: der Körper sinkt unter mit einer Schwere gleich der Differenz seines Gewichtes und Auftriebs.

b. Die Dichtigkeit des Körpers ist gleich der der Flüssigkeit: der Körper behauptet an allen Stellen innerhalb letzterer seinen Platz: er schwebt in der Flüssigkeit.

c. Die Dichtigkeit des Körpers ist kleiner, als die der Flüssigkeit: der Körper strebt aufwärts mit einer Kraft gleich der Differenz seines Auftriebes und Gewichtes, und kommt zur Ruhe, wenn diese beiden Grössen gleich geworden sind.

55 Die Kraft, mit welcher ein schwimmfähiger, ganz in die Flüssigkeit tauchender Körper aufwärts strebt, wird Steigkraft genannt; sie ist gleich dem Producte aus seinem Volumen in die Differenz der bezüglichen specifischen Gewichte

$$K = V(s_1 - s).$$

56 Der auf einer Flüssigkeit schwimmende Körper ragt theilweise über die Oberfläche hervor, und nimmt eine solche Lage an, dass sein Schwerpunkt im kürzesten Abstande lothrecht über dem der verdrängten Flüssigkeit liegt: der Körper schwimmt auf seiner flachsten Seite.

57 Das Gewicht, womit ein schwimmender Körper belastet werden muss, damit er ganz oder bis zu einem bestimmten Theile einsinkt, wird Tragkraft genannt. Die Tragkraft ist gleich der Differenz der

Gewichte der Flüssigkeiten, welche der Körper vor und nach der Belastung verdrängt.

Bezeichnet P das Gewicht des Körpers,
p die Tragkraft,
s das specif. Gewicht der verdrängten Flüssigkeit,
V das Volumen der verdrängten Flüssigkeit vor der Belastung,
V_1 dasselbe nach der Belastung, so ist

$$P = Vs;\ P + p = V_1 s$$
$$p = (V_1 - V)s$$

58 Verdrängt ein Körper, nach einander in verschiedenen Flüssigkeiten schwimmend, ungleiche Volumen derselben, so verhalten sich diese Volumen umgekehrt wie die Dichtigkeiten der bezüglichen Flüssigkeiten:

$$V_1 s_1 = V_2 s_2, \text{ sonach } \frac{V_1}{V_2} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

Volumeter. (**Gay-Lussac, 1832.**)

59 Verdrängen Körper von ungleichem Gewichte schwimmend gleiche Volumen verschiedener Flüssigkeiten, so sind die Dichtigkeiten letzterer den bezüglichen Gewichten proportional:

$$V_1 s_1 = p_1;\ V_2 s_2 = p_2, \text{ sonach } \frac{s_1}{s_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

Gewichts-Aräometer. (**Fahrenheit, 1724.**)

60 Schwimmbare Körper von spindelförmiger Gestalt, an einem Ende so beschwert, dass sie lothrecht schwimmen, dienen zur Bestimmung der Dichtigkeit von Flüssigkeiten oder der sogenannten Grädigkeit von Lösungen.

Senkspindeln oder Aräometer, Flüssigkeitswagen, Densimeter, Procent- oder Scalen-Aräometer, Alkoholometer, Alkalimeter, Argentometer, Lactometer etc. (**Baumé, 1768. Francoeur, Beck, Twaddle, Richter, Tralles, 1812. Stoppani** u. A. m.)

Achtes Capitel.

Von den luftartigen Körpern.

61 Die kleinsten Theilchen eines luftartigen Körpers oder Gases suchen sich von einander zu entfernen, und vermöge dieses Strebens, Expansion genannt, üben sie einen Druck — Tension oder Spannkraft — auf die Wände eines sie allseitig umschliessenden Gefässes aus.

62 Innerhalb einer ruhenden Luftart ist die Spannkraft an allen Stellen gleich.

63 Ein einseitig auf die Luftart wirkender Druck pflanzt sich nach allen Seiten gleichartig fort.

Die Grösse der Spannkraft auf eine Fläche ist gleich dem Producte der bezüglichen Anzahl Flächeneinheiten in den auf die Flächeneinheit wirkenden Druck.

64 Das dem Drucke ausgesetzte Gas ändert bei Vermehrung oder Verminderung desselben Volumen, Dichtigkeit und Spannkraft.

Dichtigkeit und Spannkraft wachsen im geraden Verhältniss des Druckes, das Volumen nimmt diesem proportional ab, und umgekehrt.

(**Boyle's** oder **Mariotte's** Gesetz, **1679.**)

65 Die Einheit der Spannkraft wird dargestellt durch den Bodendruck einer Quecksilbersäule von 28 Par. Zoll oder 760 Mm. verticaler Höhe bei 0° Wärme, entsprechend 1033,3 Grammen auf das Quadrat-Centimeter oder 14 Deutschen Pfunden auf den Preussischen Quadratzoll.

Ein diesem Drucke ausgesetztes Gas hat normale Tension und normales Volumen, übt eine Atmosphäre Druck aus, besitzt eine Atmosphäre Spannkraft oder Tension.

66 Instrumente, welche dazu dienen, die Spannung einer Luftart durch die Höhe einer Flüssigkeitssäule zu messen, heissen Barometer oder Manometer. Als Barometer-Flüssigkeit wird ausschliesslich Quecksilber angewendet, welches in einer vollkommen luftleeren Glasröhre enthalten ist. **Toricelli**'sche Leere. (**Toricelli, 1643.**)

67 Der Verticalabstand der oberen und unteren Quecksilberfläche eines Barometers wird Barometerhöhe genannt, und gewöhnlich in Millimeter oder Pariser Linien angegeben.

Die Barometerhöhe ist je nach dem Zustande der Atmosphäre — Witterung — localen Veränderungen unterworfen, und mindert sich gesetzmässig mit der Erhebung des Instrumentes über die Erdoberfläche. (**Pascal** und **Perrier, 1658.**)

Auf diese Erscheinungen hin dient das Barometer sowohl als Wetterglas, wie auch als Höhenmesser, Hypsometer.

68 Befindet sich die Flüssigkeitssäule, durch deren Bodendruck die Tension einer Luftart gemessen wird, in einer Luft enthaltenden oder offenen Röhre, so wird das Instrument Manometer genannt. In diesem Falle addirt sich dem durch die Flüssigkeit allein hervorgebrachten Bodendrucke die Tension der darauf lastenden Luftart. Offene und geschlossene Manometer.

Die Grösse, um welche die Tension eines luftartigen Körpers die der Atmosphäre übersteigt, wird Ueberdruck genannt. 69

Die absoluten Gewichte gleicher Raumtheile verschiedener Luftarten von gleicher Spannung sind ungleich: die Luftarten haben verschiedene Dichtigkeit. 70

Das normale specif. Gewicht einer Luftart ist das Gewicht der Cubikeinheit derselben bei der normalen Tension von 760 Millimeter und 0° Cels. Temperatur (3). 71

Das specif. Gewicht nimmt der Tension entsprechend ab oder zu. 72

Ist es bei 760 Mm. $= s$

so „ 1 „ $= \frac{s}{760}$

und „ B „ $= \frac{s.B}{760}$

Die Dichtigkeit einer Luftart bezogen auf Wasser ist der Quotient des Gewichtes eines Volumens Wasser in das Gewicht des gleichen Volumens derselben. 73

Die Dichtigkeit heisst normal, wenn die Luftart normale Tension (0° Cels. Temperatur) besitzt.

Die normale Dichtigkeit einer Luftart bezogen auf Wasserstoff oder atmosphärische Luft ist der Quotient des Gewichtes eines Volumens der genannten Gase in das Gewicht des gleichen Volumens der Luftart von derselben Tension (und Temperatur). 74

Das absolute Gewicht einer Luftmenge hängt von ihrem Volumen, ihrem normalen specif. Gewichte und ihrer Tension (Temperatur) ab; es ist gleich dem Producte des Volumens in das specif. Gewicht für die vorhandene Tension. 75

Bezeichnet V das Volumen,

„ s „ normale specif. Gewicht,

„ B die Tension in Millimeter, so ist das Gewicht

$$p = \frac{V.s.B}{760}$$

Die auf Wasserstoff bezogene Dichte einer Luftart giebt das Gewicht derselben pro Cub.-Decim. in Krith. 76

Bezeichnet V das Volumen in Cub.-Decim., d die Dichtigkeit auf Wasserstoff, p das Gewicht in Krith, so ist:

$$V.d = p \text{ Krith},$$
$$= p.0{,}08961 \text{ Gr.}$$

77 Der Quotient der auf Wasserstoff bezogenen Dichte einer Luftart in das Gewicht derselben in Grammen giebt das Volumen in Kotyl:

$$\frac{p}{d} = V \text{ Kotyl}$$
$$= V.11{,}159 \text{ Cub.-Decim.}$$

Neuntes Capitel.

Der aërostatische Auftrieb.

78 Ein in eine Luftart tauchender Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewicht, als das der verdrängten Luftmenge beträgt, er erleidet aërostatischen Auftrieb.

79 Ist der aërostatische Auftrieb grösser als das absolute Gewicht des Körpers, so steigt der letztere auf, und kommt nicht früher ins Gleichgewicht, als bis absolutes Gewicht und Auftrieb gleich gross geworden. (Luftballon.)

(**Montgolfier, 1783,** 5. Juni. **Charles, 1783,** 1. December.)

80 Die Steigkraft eines Luftballons ist gleich der Differenz seines Auftriebes und seines Gewichtes. Letzteres setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Hülle mit Zubehör und der in dieser eingeschlossenen Luftart.

81 Der Luftballon heisst Charlière, wenn er mit einer specifisch leichten Gasart — Wasserstoff oder Steinkohlengas — gefüllt ist; Montgolfière, sofern sich in dem unten offenen Ballon durch Wärme ausgedehnte und dem entsprechend minder dichte Luft befindet.

82 Gleiche Gewichte von Körpern ungleicher Dichtigkeit erleiden ihres verschiedenen Volumens halber in derselben Luftart ungleichen Auftrieb. Bei genauen Wägungen ist deshalb neben der Temperatur und dem Luftdruck auch die Substanz, aus welcher die Gewichte gefertigt sind, anzugeben.

(Reduction der Wägungen auf den leeren Raum.)

Zehntes Capitel.

Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern und letzterer unter sich.

Die Wechselwirkungen zwischen starren und flüssigen Körpern 83
sind: Adhäsion, Capillarität, Auflösung und Endos-Exosmose oder Membrandiffusion.

Eine Adhäsion starrer und flüssiger Körper findet stets statt, doch 84
sind hierbei zwei besondere Fälle zu unterscheiden:

a. die Adhäsion ist stärker als die Cohäsion der Flüssigkeit: der Körper wird benetzt oder nass;
b. die Cohäsion der Flüssigkeit ist stärker als die Adhäsion: die Flüssigkeit nässt oder benetzt nicht.

Unter Berücksichtigung dieser Erscheinungen ist das Gesetz der 85
communicirenden Gefässe nicht in aller Strenge richtig, sofern diese Gefässe ungleich weit sind.

Die nässende Flüssigkeit steht in dem engeren Rohre stets höher als in dem weiteren: Capillarelevation; die nicht nässende hat den tieferen Stand in dem engeren Gefäss: Capillardepression.

(Aggiunti, 1627. Borelli, 1670. Laplace, 1819.)

Die Höhendifferenz ist von der Weitendifferenz der Gefässe ab- 86
hängig: eine enge Röhre (capilla, Haarröhre), in ein weites Gefäss tauchend, zeigt die Erscheinung am besten. Bei Röhren geringer Weite ist die Höhe der Aufsteigung oder Niederdrückung der Weite der Röhre umgekehrt proportional.

Eine nässende Flüssigkeit gränzt sich nach oben nicht horizon- 87
tal, sondern concav ab, eine nicht nässende convex.

Eine Capillarröhre bleibt bei dem Herausheben aus der Flüssig- 88
keit stets theilweise gefüllt; das Gewicht letzterer giebt unter Vergleichung mit der benetzten inneren Röhrenfläche ein Maass für die Grösse der Adhäsion.

Der unter Druck erfolgende Durchgang durch eine Capillar- 89
röhre wird Transpiration genannt. **(T. Graham, 1861.)**

Flüssigkeiten, welche sich gegenseitig vollkommen zu durchdrin- 90
gen vermögen, heissen mischbar oder in einander löslich.

91 Auf einander schwimmende Schichten mischbarer Flüssigkeiten durchdringen sich nach und nach vollkommen: die schwereren Moleküle der unteren steigen theilweise aufwärts, und umgekehrt.

(Diffusion flüssiger Körper.)

92 Das gegenseitige Durchdringen der Moleküle starrer und flüssiger Körper findet bei der Auflösung ersterer statt.

Das Volumen der entstandenen Lösung ist meist kleiner, als die Summe der Volumen der ursprünglichen Flüssigkeit und des aufgelösten Körpers, die Dichtigkeit derselben sonach grösser, als dem arithmetischen Mittel der Dichtigkeiten der in Lösung gegangenen Körper entspricht. (Contraction.)

93 Das Verhältniss der beobachteten Volumenänderung wird in einer Zahl, dem sogenannten Contractionscoëfficienten niedergelegt. Derselbe ist gleich dem Quotienten aus der Summe der Volumen der in Lösung gegangenen Körper in das Volumen der entstandenen Lösung.

94 Die Gewichtsverhältnisse, in denen Flüssigkeiten und starre Substanzen mit einander in Lösung gehen, hängen von der substanziellen Natur und der Temperatur ab.

Im Allgemeinen nimmt die Lösungsfähigkeit einer Flüssigkeit mit der Temperatur zu. Das Gewicht des Körpers, welches von der Gewichtseinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur aufgelöst werden kann, wird Lösungscoëfficient genannt.

95 Eine Lösung, welche von dem bereits aufgelösten Körper nichts mehr aufzunehmen vermag, heisst gesättigt, im anderen Falle nichtgesättigt.

96 Eine in der Wärme gesättigte Lösung scheidet nicht nothwendig bei dem Erkalten den gelösten Körper theilweise wieder aus; die Lösung heisst dann übersättigt. Die Ausscheidung beginnt sofort, wenn ein Stück der aufgelösten Substanz zugefügt wird.

97 Beim Entfernen des Lösungsmittels erfolgt successiv die Ausscheidung der gelösten Substanz, und während dieses Vorganges bleibt die Lösung übersättigt. Durch Bewegung der Flüssigkeit, Einbringung adhärirender Körper u. s. w. wird die Ausscheidung wesentlich befördert.

98 Sind mischbare Flüssigkeiten durch eine membranöse, oder aus leicht gebranntem Thon gefertigte Scheidewand getrennt, so findet durch dieselbe, von den hydrostatischen Gleichgewichtsgesetzen im Allgemeinen unabhängig, eine langsame Mischung statt. Die beiden Gegenströmungen erfolgen in ungleicher Geschwindigkeit, es entsteht dem entsprechend ein anderes Druckverhältniss unter Leistung von Arbeit.

Diese Erscheinung wird Endos-Exosmose oder Membrandiffusion genannt; die Körper, durch welche dieselbe stattfinden kann, heissen endosmotisch.

(Nollet, 1748. N. W. Fischer, 1822. Dutrochet, 1826.)

Die starren Körper lassen sich, je nach dem Grade der Membran- 99
diffusion ihrer Lösungen in zwei Gruppen theilen:

in leicht diffundirende oder Krystalloïde,
in schwer diffundirende oder Colloïde.

Die Methode, verschiedene in Lösung befindliche Substanzen durch 100
Membrandiffusion von einander zu trennen, wird Dialyse genannt.

(T. Graham, 1861.)

Elftes Capitel.

Wechselwirkungen zwischen starren, flüssigen und luftartigen Körpern.

Starre Körper, in Luftarten gebracht, verdichten auf ihrer Ober- 101
fläche einen Theil derselben durch Adhäsion, und vermindern dem entsprechend Volumen oder Dichtigkeit der betreffenden Luftart.

(Absorption durch starre Körper.)

(G. Fontana, 1718. Magnus, 1853.)

Das Volumen des so verdichteten Gases hängt sowohl von der sub- 102
stantiellen Natur des starren und luftförmigen Körpers, als auch von der Beschaffenheit des ersteren ab. Poröse und pulverförmige Körper sind besonders dazu befähigt.

Luftartige Körper werden von Flüssigkeiten, auf welche sie che- 103
misch nicht einzuwirken vermögen, aufgelöst oder absorbirt. Die Gewichtsmengen des aufgelösten Gases sind abhängig von der substantiellen Natur der lösenden Flüssigkeit und der Luftart, von der Tension letzterer und von der Temperatur.

Das Volumen der aufgelösten Gasmenge ist von dem Drucke 104
unabhängig.

Es folgt hieraus, dass bei der gleichen Temperatur die Gewichtsmenge des absorbirten Gases dem Druck direct proportional ist.

(W. Henry, 1830. Bunsen, 1855.)

Der Absorptions- oder Löslichkeits-Coëfficient nach Volu- 105
men ist die Zahl, welche angiebt, wie viele Volumeneinheiten Gas

die Volumeneinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur zu absorbiren vermag. Der Gewichts-Löslichkeits-Coëfficient ist die Zahl, welche angiebt, wie viele Gewichtseinheiten Gas eine Gewichtseinheit Flüssigkeit bei einer bestimmten Temperatur zu lösen vermag.

Durch Erwärmen der Flüssigkeit wird der Löslichkeits-Coëfficient verkleinert; anhaltendes Sieden macht dieselbe gasfrei.

106 Die Löslichkeit eines Gases erfolgt in einer Flüssigkeit, welche bereits ein anderes aufgelöst enthält, genau so, als wäre das Lösungsmittel noch gasfrei: die Menge des neu aufgenommenen Gases entspricht lediglich dem Löslichkeits-Coëfficienten, dem Volumen und der Temperatur der Flüssigkeit.

Bezeichnet $a_1\ a_2\ a_3\ \ldots\ a_n$ die Löslichkeits-Coëfficienten nach Gewicht,
p das Gewicht der Flüssigkeit,

so löst sich pa_1 vom ersten .... pa_n vom letzten Gase und es wiegt die entstandene Lösung

$$p(1 + a_1 + a_2 + \ldots\ldots a_n)$$

Zwölftes Capitel.

Diffusion der Gase.

107 Die Moleküle substantiell verschiedener Gase üben dieselben Druckwirkungen auf einander aus, wie die Moleküle gleichartiger. **(Bunsen, 1857.)**

108 Werden Gefässe, welche Gase enthalten, mit einander in Verbindung gesetzt, so mischen sich letztere mehr oder minder schnell.

Jedes Gas dehnt sich frei in dem ganzen, ihm gebotenen Raume aus, und nimmt die diesem Volumen entsprechende Tension und Dichtigkeit an. **(Dalton, 1803.)**

109 Bezeichnet $V_1\ V_2\ V_3\ \ldots\ V_n$ das ursprüngliche Volumen jedes Gases,

„ $B_1\ B_2\ B_3\ \ldots\ B_n$ die ursprüngliche Tension jedes Gases,

„ $d_1\ d_2\ d_3\ \ldots\ d_n$ die ursprüngliche Dichte jedes Gases;

so werden die einzelnen oder partiaren Dichtigkeiten der Gemengtheile:

$$\delta_1 = \frac{d_1 V_1}{\Sigma V}\ \delta_2 = \frac{d_2 V_2}{\Sigma V}\ \ldots\ldots\ \delta_n = \frac{d_n V_n}{\Sigma V}$$

somit die der Summe der partiaren Dichtigkeiten entsprechende Gesammt- oder Totaldichtigkeit

$$\delta_1 + \delta_2 + \cdots \delta_n = \frac{d_1 V_1 + d_2 V_2 + \cdots d_n V_n}{\Sigma V} = \frac{\Sigma(dV)}{\Sigma V}$$

Analog sind die partiaren Tensionen:

$$b_1 = \frac{V_1 B_1}{\Sigma V};\ b_2 = \frac{V_2 B_2}{\Sigma V};\ \cdots b_n = \frac{V_n B_n}{\Sigma V}$$

und die Totaltension:

$$b_1 + b_2 + \cdots b_n = \frac{V_1 B_1 + V_2 B_2 + \cdots V_n B_n}{\Sigma V} = \frac{\Sigma(VB)}{\Sigma V}$$

Die Einströmung von Gasen in einen Raum heisst Effusion, **110** wenn sie durch Oeffnungen in dünner Platte, Transfusion oder Transpiration, wenn sie durch Capillarröhren erfolgt. (**T. Graham.**)

Poröse Körper, wie Gyps, Sandstein, Coak u. s. w. verhalten sich wie ein System von Capillarröhren.

Die Effusion erfolgt unter gleicher Tension in Zeiten, welche **111** den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten proportional sind; sie ist unabhängig von der substantiellen Natur der Gase.

Bezeichnen t_1 und t_2 die Ausströmungszeiten unter gleichen Tensionsverhältnissen,

d_1 und d_2 die Dichtigkeiten, so ist

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{t_1^2}{t_2^2}$$

Effusions-Densimeter. (**Bunsen.**)

Die Transpiration ist, im Uebrigen gleiche Bedingungen unter- **112** stellt, von der substantiellen Natur der Gase abhängig: die Gase besitzen verschiedene Transpirabilität. (**T. Graham.**)

Die Transpiration der Gase entspricht der Membrandiffusion der **113** Flüssigkeiten; wie bei letzteren unter dem Einfluss der Scheidewand Druckdifferenzen hervorgerufen werden, so bei den Luftarten Differenzen der Tension.

Die Trennung substantiell verschiedener Gase oder Aenderung **114** der Zusammensetzung von Gasgemischen unter Anwendung membranöser Scheidewände oder Diaphragmen wird Dialyse der Luftarten genannt. (**T. Graham, 1866.**)

Dreizehntes Capitel.

Von der Bewegung.

115 Jeder Körper kann seinen Ort im Raume verändern, d. h. sich bewegen.

116 Bewegt sich der Körper immer in der gleichen Richtung, so ist seine Bahn geradlinig, ändert er die Richtung stetig — krummlinig.

117 Die Bewegung ist gleichförmig, wenn die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege gleich sind, im entgegengesetzten Falle ungleichförmig.

118 Der bei gleichförmiger Bewegung in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg wird Geschwindigkeit genannt.

Der bei gleichförmiger Bewegung zurückgelegte Weg ist gleich dem Producte aus Geschwindigkeit in die Anzahl der Zeiteinheiten.

Bezeichnet s den in t Zeiteinheiten zurückgelegten Weg, c die Geschwindigkeit, so ist

$$s = ct;\ \frac{s}{c} = t;\ \frac{s}{t} = c$$

119 Wachsen die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege, so ist die Bewegung beschleunigt; gleichförmig beschleunigt, wenn sich die Zunahmen der Wege gleich bleiben; zunehmend beschleunigt, wenn diese grösser, abnehmend beschleunigt, wenn sie kleiner werden.

120 Vermindern sich die in gleichen, auf einander folgenden Zeiten zurückgelegten Wege, so ist die Bewegung verzögert; gleichförmig verzögert, wenn die Abnahmen gleich bleiben, zunehmend verzögert, wenn diese nach und nach grösser, abnehmend verzögert, wenn sie kleiner werden.

121 Die abnehmend- oder gleichförmig-verzögerte Bewegung kann zur gleichförmigen werden, die zunehmend verzögerte Bewegung muss zum Stillstand, die abnehmend-beschleunigte zur gleichförmigen führen.

Vierzehntes Capitel.

Kraft und Arbeit.

Die Ursache der Bewegung wird Kraft genannt. 122

Die Leistung einer Kraft bestimmt sich aus der Menge der bewegten Materie und der dieser ertheilten Geschwindigkeit.

Durch eine momentan wirkende Kraft erlangt der Körper eine 123
bestimmte Geschwindigkeit. Er verharrt dann in dem Zustande einer geradlinigen, gleichförmigen Bewegung, bis andere Kräfte seinen Zustand ändern.

(Beharrungsvermögen oder Trägheit.)

Dauernd wirkende Kräfte erzeugen beschleunigte Bewegung: 124
der Fall der Körper ist gleichförmig beschleunigte Bewegung in Folge der Schwere. (Fallgesetze von **Galiläi, 1602 bis 1604.**)

Wird ein Körper dem Einfluss dauernd wirkender Kräfte entzo- 125
gen, so geht er in gleichförmiger Bewegung weiter; der Weg, welchen er von diesem Momente an durch sein Beharrungsvermögen in jeder Zeiteinheit zurücklegt, heisst Endgeschwindigkeit.

Acceleration oder Beschleunigung ist die Endgeschwin- 126
digkeit, welche der Körper durch eine während einer Zeiteinheit auf ihn wirkende Kraft erlangt.

Die Acceleration durch die Schwere ist bei dem freifallenden Körper = 9,81 Meter oder 31,25 Preuss. Fuss und wird allgemein mit g bezeichnet (4).

Bezeichnet a die Acceleration, 127
t „ Zeit
v „ Endgeschwindigkeit nach t Zeiteinheiten,
s den in t Zeiteinheiten zurückgelegten Weg,

so ist

$$s = \frac{a}{2} t^2 = \frac{vt}{2}; \; t = \sqrt{\frac{2s}{a}}; \; v = \sqrt{2as} = at;$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{2s}{t^2}$$

Der Quotient der Acceleration durch die Schwere in das 128
Gewicht eines Körpers wird Masse genannt.

$$M = \frac{p}{g}$$

Gleiche Massen haben an demselben Punkte der Erde gleiches Gewicht.

129 Das Product aus Gewicht eines Körpers in seine Geschwindigkeit wird Moment, auch wohl Arbeit genannt.

130 Gleiche Kräfte erzeugen gleiche Momente, d. h. sie setzen gleiche Gewichte in gleiche Geschwindigkeiten, und ertheilen ungleichen Gewichten Geschwindigkeiten, welche den Gewichtsmengen umgekehrt proportional sind.

(Mechanische Grundgesetze.) (**Newton, 1686.**)

Bezeichnen p_1 und p_2 die Gewichte der Körper,
c_1 und c_2 die diesen ertheilte Geschwindigkeit,
k die Kraft, so ist

$$k = p_1 c_1 = p_2 c_2, \text{ sonach}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{c_2}{c_1}$$

131 Durch Zusammenwirken von zwei oder mehreren Kräften kann Gleichgewicht, Ruhe entstehen.

132 Jedes Moment lässt sich in beliebige Factoren zerlegen. Bei Vergrösserung des Gewichtes vermindert sich die Geschwindigkeit, und umgekehrt.

Langsam bewegte schwere Körper leisten dasselbe, wie schnell bewegte leichte.

133 Mechanische Potenzen oder einfache Maschinen werden die Vorrichtungen genannt, durch welche ein gegebenes Moment in andere Factoren zerlegt werden kann. (Rolle, Hebel, schiefe Ebene, hydraulische Presse etc.)

Funfzehntes Capitel.

Vom Maasse der Zeit und Arbeit.

134 Die Zeit wird gemessen und eingetheilt durch die Länge der Bahn, welche ein bewegter Körper durchläuft.

135 Die Zeit, welche zwischen zwei Beobachtungen des gleichen Standes eines Fixsternes verfliesst, bleibt sich dauernd gleich, bildet die Zeiteinheit der Astronomen, und wird Sterntag genannt.

136 Die Zeit, welche zwischen zwei Beobachtungen des Meridiandurchganges der Sonne verfliesst, wird Sonnentag genannt. Die Dauer

Achtzehntes Capitel.

Von der Entstehung der Töne.

Töne entstehen durch Schwingungen von bestimmter Dauer, wenn 160
dieselben durch Wellenbewegung eines fortpflanzenden Mittels aufgenommen und auf die Gehörnerven übertragen werden.

Die tonerregenden Körper können starr, flüssig oder luftförmig sein; 161
das fortpflanzende Mittel ist fast ausschliesslich die Luft.

Der Wellenhöhe entspricht die Stärke, der Wellenlänge die 162
Höhe und der Wellengestalt, abhängig von der substantiellen Natur und Erregung des schwingenden Körpers, der Klang des Tones.

Absolute Schwingungszahl eines Tones ist die Anzahl von 163
Schwingungen in der Secunde, welche zur Erzeugung desselben erforderlich ist, oder auch der reciproke Werth der entsprechenden Schwingungsdauer. (**Mersenne, 1636.**)

Die relative Schwingungszahl ist der Quotient aus der abso- 164
luten Schwingungszahl eines Tones in die eines anderen.
Der tiefere Ton heisst Grundton.

Der Abstand zweier Töne verschiedener Höhe heisst Tonintervall. 165
Gleiche Tonintervalle haben gleiche relative Schwingungszahlen.

Die in der Musik gebräuchlichen Tonintervalle sind: 166
Die Octave, grosse und kleine Septime, grosse und kleine Sext, Quinte, Quarte, grosse und kleine Terz, grosse und kleine Secunde, der grosse und kleine halbe Ton.

Jedem einzelnen Tone entspricht eine bestimmte Buchstaben- oder 167
Namenbezeichnung und eine bestimmte Note. Die ersteren kehren in jeder neuen Octave wieder, und werden dann mit einem Nebenzeichen, oberen oder unteren Strich, versehen.

Tiefster Ton C,, D,, E,, F,, G,, A,, H,, C, erste Octave,
C, ... C zweite „
C . . . . . c dritte „
c d e f g a h c′ vierte „
c′ . . . . . c″ fünfte „
c″ . . . . . c‴ sechste „
c‴ . . . . . c⁗ siebente „

und so weiter.

168 Die absoluten Schwingungszahlen der Töne werden verschieden angegeben. Die am häufigsten geltenden Werthe sind folgende:

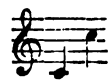
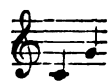
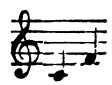
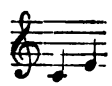
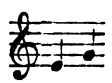
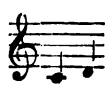
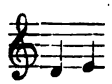
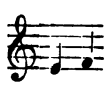
		Nach Chaldni (1800).	Nach Scheibler und Helmholtz (1834).
Tiefster musikalisch verwendbarer Ton, der Ton einer 32füssigen offenen Pfeife	$C_{,,}$ =	16	16,5
Tiefster Ton des Concertflügels	$A_{,,}$ =	$26^2/_3$	27,5
Contra C	$C_{,}$ =	32	33
Grosses C	C =	64	66
Kleines c	c =	128	132
Einmal gestrichenes c′	c' =	256	264
Einmal gestrichenes a′	a' =	$426^2/_3$	440
Zweimal gestrichenes c″	c'' =	512	528
Dreimal gestrichenes c‴, der höchste Ton einer Sopranstimme	c''' =	1024	1056
Höchstes c des Concertflügels	c'''' =	2048	2112
Höchster Ton eines Concertflügels	a'''' =	$3413^1/_3$	3520
Höchster musikalisch verwendbarer Ton, Piccolo-Flöte des Orchesters	d''''' =	4608	4752

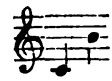
Der höchste wahrnehmbare Ton, der Schwingungszahl 40 000 (?) entsprechend, liegt zwischen d'''''''' und e''''''''.

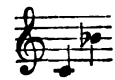
Die **Chladni**'schen Werthe bezeichnet man als Normalton der Physiker; sie gewähren die Bequemlichkeit, dass die für c geltenden Zahlen Potenzen von 2 darstellen (**1800**). 169

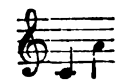
Die sogenannte Normalstimmung für a' ist in Frankreich durch gesetzliche Bestimmung vom 16. Februar 1859 auf 435 Schwingungen (870 halbe Schwingungen) festgestellt und diese Tonhöhe nachträglich von Belgien, Holland, Oesterreich und Russland angenommen worden. 170

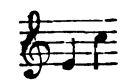
Die dem Ohre wohlklingenden, musikalisch-harmonischen Tonintervalle entsprechen den einfachsten relativen Schwingungszahlen. 171

Die Octave	$= \frac{2}{1}$	c' : c''	
die Quinte	$= \frac{3}{2}$	c' : g'	
die Quarte	$= \frac{4}{3}$	c' : f'	
die grosse Terz . . .	$= \frac{5}{4}$	c' : e'	
die kleine Terz . . .	$= \frac{6}{5}$	e' : g'	
die grosse Secunde . .	$= \frac{9}{8}$	c' : d'	
die kleine Secunde . .	$= \frac{10}{9}$	d' : e'	
der grosse halbe Ton	$= \frac{16}{15}$	e' : f'	
der kleine halbe Ton	$= \frac{25}{24}$	c' : cis'	

die grosse Septime . . $= \frac{15}{8}$ c′ : h′ 

die kleine Septime . . $= \frac{16}{9}$ c′ . b′ 

die grosse Sext . . . . $= \frac{5}{3}$ c′ : a′ 

die kleine Sext . . . . $= \frac{8}{5}$ e′ : c″ 

Neunzehntes Capitel.

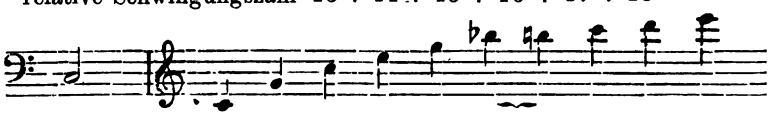
Von den Tonscalen.

172 Die Reihe von Tönen, deren Schwingungszahlen der Reihe der natürlichen Zahlen entsprechen, wird **natürliche oder harmonische Scala** genannt.

Dieselbe ist:

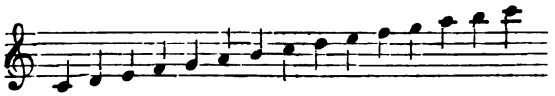
Ton	C	c	g	c′	e′	g′
relative Schwingungszahl	1	2	3	4	5	6
Ton	i′	c″	d̈″	e″	?	g″
relative Schwingungszahl	7	8	9	10	11	12
Ton	?	i″	h″	c‴	?	d‴
relative Schwingungszahl	13	14	15	16	17	18

u. s. w.



	Grundton									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Absolute Schwingungszahl . .	132	264	396	528	660	792	924	1056	1188	1320

173 Dem Wohlklange folgend hat man in das Intervall einer Octave sechs Haupttöne eingeschaltet, deren Reihenfolge die sogenannte diatonische Scala bildet.

Namen des Tones. .	c′	d′	e′	f′	g′	a′	h′	c″	d″	e″	f″	g″	a″	h″	c‴
Notenzeichen															
Absolute Schwingungszahlen	264	297	330	352	396	440	495	528							
Kleinste ganze Zahlen zur Darstellung der Verhältnisse	24	27	30	32	36	40	45	48	54	60	64	72	80	90	96
Relative Schwingungszahl	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	
	grosse Secunde	kleine Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosse Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosser halber Ton	grosse Secunde	kleine Secunde	grosse Secunde	grosser halber Ton	
	Name des Intervalls														

Das Bedürfniss, für jeden Ton der diatonischen Scala die in der Musik verwendbaren Intervalle zu bilden, führt zu der Nothwendigkeit, zwischen die einzelnen Haupttöne weitere Töne einzuschalten. Die so entstandene Tonscala heisst chromatisch und lautet wie folgt: 174

c, cis, des, d, dis, es, e, fes, eïs, f, fis, ges, g, gis, as, a, ais, b, h, ces, his, c′ etc.

Die Unmöglichkeit, die vollständige chromatische Scala bei Instrumenten, wie die Orgel, das Piano etc. zur Anwendung zu bringen, führte zu dem Auskunftsmittel, die zwischen die Haupttöne eingeschalteten Töne zu vereinigen, und diesem combinirten Tone von den betreffenden zwei Haupttönen gleichen Abstand zu geben, die Scale zu temperiren, oder endlich den ungleichen Abstand der so vorhandenen 12 Töne unter sich gleich zu machen. Die Stimmung des Instrumentes in letzterer Art giebt alle Intervalle, mit Ausnahme der Octave, etwas unrein, und wird gleichschwebende Temperatur genannt (6). 175

Die Grösse des Intervalls, um welches in der reingestimmten C-dur-Scale die Quinte d bis a von dem Quintenintervall $\frac{3}{2}$ abweicht, beträgt $\frac{81}{80}$ und wird musikalisches Komma genannt. 176

Da c = 48 gesetzt, d = 54 und a = 80 wird, so ergiebt sich für das Intervall d bis a der Werth $\frac{80}{54}$, während es $\frac{81}{54} = \frac{3}{2}$ sein müsste.

177 Eine Vereinigung von mehr als zwei Tönen heisst Accord. Soll ein Accord dem Ohre wohlgefällig klingen, so müssen seine Töne sowohl mit dem Grundton, als auch unter sich harmonisch in Consonanz treten.

178 Die beiden wichtigsten Accorde sind der Dur- und der Molldreiklang, welche durch Zufügung der Octave des Grundtones voll werden.

Der volle Duraccord besteht aus

Tonica: Mediante, Dominante, Octave
Grundton + grosse Terz + Quinte + Octave
kleine Terz Quarte
kleine Sext

und zeigt die relativen Schwingungszahlen

4 : 5 : 6 : 8

Der volle Mollaccord hingegen besteht aus

Grundton + kleine Terz + Quinte + Octave
grosse Terz Quarte
grosse Sext

und zeigt die relativen Schwingungszahlen

10 : 12 : 15 : 20

Zwanzigstes Capitel.

Tonerregung.

179 Zur Erregung der Töne werden starre Körper in transversale oder longitudinale, luftförmige Körper in longitudinale Schwingungen versetzt. Schwingungen flüssiger Körper finden keine Anwendung.

180 Die transversal schwingenden Körper sind entweder linienartig — Saiten, oder flächenartig — Membranen, Platten, Zungen, oder endlich stabförmig, glockenförmig u. s. w.

181 Die Saiten, aus Metall oder membranösen Häuten, oder auch wohl aus Seide bestehend, erhalten ihre Elasticität durch Spannung.

Die Tonhöhe einer Saite hängt ab:

a. von dem Elasticitätsverhältniss der Substanz,
b. von der Länge,
c. von der Dicke,
d. von der Dichtigkeit,
e. von der Spannung.

Unter übrigens gleichen Umständen ist die Schwingungszahl der Länge der Saite umgekehrt proportional. Es entsteht bei successiver Verkürzung der Saite auf: 182

$$1/2,\ 1/3,\ 1/4,\ 1/5,\ 1/6 \text{ etc.}$$

die natürliche Tonreihe,
bei successiver Verkürzung auf:

$$8/9,\ 4/5,\ 3/4,\ 2/3,\ 3/5,\ 8/15,\ 1/2$$

die diatonische Scala.

Wird eine Saite, auf einem aliquoten Theile $= \frac{1}{n}$ ihrer Länge gestützt, in Schwingungen gesetzt, so schwingt sie in n Abtheilungen, welche unter einander durch ruhende Punkte, sogenannte Knoten, getrennt sind. Die entstehenden Töne heissen Flageolet-, Neben- oder Obertöne, und ihre Folge entspricht der natürlichen Tonreihe. 183

Die Schwingungszahlen gleich langer und gleich gespannter Saiten von dem gleichen Material verhalten sich umgekehrt wie die Dicken. 184

Die Schwingungszahlen gleicher Saiten sind direct proportional der Wurzel ihrer Spannung. 185

Stäbe schwingen entweder als Ganzes oder in einzelnen, unter einander durch Knotenlinien getrennten Abtheilungen. Die Schwingungszahl ist unabhängig von der Breite, abhängig von der substantiellen Natur, direct proportional der Dicke, und umgekehrt proportional der Länge. 186

Dünne Platten, Membranen erhalten ihre Elasticität durch Spannung, dickere durch ihre eigene Steifigkeit. Sie schwingen entweder als Ganzes, oder in einzelnen, durch Knotenlinien getrennten Abtheilungen. 187

Die Knotenlinien lassen sich durch aufgestreute pulverförmige Körper leicht sichtbar machen, und stellen dann symmetrische Figuren, die sogenannten Klangfiguren dar.

(Chladni, 1825. Wheatstone, 1833.)

Die Schwingungszahl longitudinal schwingender Stäbe ist von dem Querschnitt unabhängig, abhängig von der substantiellen Natur derselben, und umgekehrt proportional der Länge. 188

In Röhren eingeschlossene luftförmige Körper lassen sich durch permanente Anregung in stehende Longitudinalschwingungen versetzen. Die betreffende Vorrichtung wird Pfeife genannt; man unterscheidet Labial- oder Lippenpfeifen und Zungenpfeifen. 189

190 Die Schwingungszahl der in der Labialpfeife tönenden Luftsäule ist, abgesehen von Temperaturverhältnissen, unabhängig von der Gestalt und Weite der Pfeife, und umgekehrt proportional der Länge.

Bei Verkürzung der Pfeife auf

$$1/2,\ 1/3,\ 1/4,\ 1/5,\ 1/6 \text{ etc.}$$

entsteht die natürliche Scala,

bei Verkürzung auf

$$8/9,\ 4/5,\ 3/4,\ 2/3,\ 3/5,\ 8/15,\ 1/2$$

die diatonische Scala.

191 Das Anbringen einer Oeffnung in der Seitenwand der Pfeife wirkt so, als wäre die Pfeife an dieser Stelle abgeschnitten. (Tonlöcher.)

192 Die Labialpfeifen sind entweder offen oder gedeckt; die Schwingungszahl der gedeckten Pfeife ist halb so gross, wie die der offenen von gleicher Länge: die gedeckte Pfeife giebt die tiefere Octave der offenen.

193 Durch verstärktes Anblasen einer Pfeife erhöht sich langsam der Ton, und erreicht dann sprungweise den nächsten Ton der harmonischen Scala. (Neben- oder Obertöne.)

Die gedeckte Pfeife giebt unter diesen Umständen eine Tonscala, welche nach Schwingungszahl der Reihenfolge der ungeraden Zahlen entspricht.

1	:	3	:	5	:	7	:	9	:	11	:	13	:	15 etc.
c	:	g′	:	e″	:	i″	:	d‴	:	?	:	?	:	h‴ etc.

194 Eine trichterförmige Erweiterung des offenen Pfeifenendes erhöht den Ton in etwas, während eine Verengerung denselben herabdrückt. (Stimmen der Pfeifen, das Stopfen der Blasinstrumente.)

195 Die substantielle Natur der Pfeifenwände ändert die Tonfarbe; hölzerne Pfeifen klingen wesentlich anders, als gläserne und metallne.

196 Bei den Zungenpfeifen werden die Schwingungen der Luftsäule von den Schwingungen elastischer Platten abhängig gemacht. Sie sind stets offene Pfeifen, und tragen die Zunge entweder am Mundstück oder am offenen Ende.

197 Bei Pfeifen mit kesselförmigem Mundstück vertreten die Lippen gewissermaassen die Zungen, und es ist bei ihnen die Tonhöhe, ausser von der Länge der tönenden Luftsäule, auch von der Stärke des Anblasens, sowie von der Aenderung der Spannung der Lippen abhängig.

In einer an beiden Enden offenen Röhre lässt sich ein Ton durch 198
eine Flamme erzeugen — Chemische Harmonika. Singende Flamme.

Die Höhe des Grundtons hängt von der Länge der Röhre ab: Standpunkt und Grösse der Flamme bedingen, ob der Grundton oder die harmonischen Obertöne vereinzelt oder gleichzeitig erklingen.

Eigenthümliche Töne entstehen durch schnell auf einander fol- 199
gende Stösse starrer, flüssiger oder luftförmiger Körper.

Apparate zur Erregung derartiger Töne, Sirenen genannt, sind besonders geeignet, die absoluten Schwingungszahlen der Töne festzustellen. **(Cagniard la Tour, 1819. Savart, Seebeck, Opelt, Dove, Helmholtz.)**

Trevelyan'sche Töne heissen diejenigen, welche durch schwin- 200
gende Bewegungen erhitzter, auf eine kalte Unterlage gebrachter Körper entstehen. Am besten eignen sich zur Hervorrufung derselben Metalle; z. B. giebt Silber auf Bleiunterlage den besten Effect.

(Seebeck, 1840. Forbes.)

Das Magnetisiren des Eisens etc. durch elektrische Einflüsse ist 201
oft von eigenthümlichen, durch longitudinale Schwingungen entstehenden Tönen begleitet.

(Wertheim, 1848. Das Telephon nach Reiss.)

Einundzwanzigstes Capitel.

Interferenz und Zusammensetzung des Klanges.

Töne von gleicher Höhe verstärken oder schwächen 202
sich — sie interferiren. Die Intensität schwankt zwischen der Summe und Differenz der bezüglichen Wellenhöhen — Schwingungsweiten.

Differiren die Wellenzüge zweier gleich hoher und starker 203
Töne um eine halbe Wellenlänge, so ist die arithmetische Summe ihrer Schwingungsweiten gleich Null — der Ton verschwindet für die Wahrnehmung.

Töne von nahezu gleicher Höhe rufen, gleichzeitig wirkend, 204
Stösse oder Schwebungen hervor; beide Töne werden als ein einziger empfunden, welcher in regelmässiger Folge anwächst und abnimmt.

205 Die Zahl der Stösse pro Zeiteinheit ist gleich der Differenz der absoluten Schwingungszahlen der erregenden Töne.
So giebt C mit D die Schwingungszahlen = 66 u. 75,25 ... 9 Stösse
e′ „ f′ „ „ = 330 „ 352 22 „
Das reingestimmte a′ der C-Durscala mit der reingestimmten Quinte für d′ . . . 440 — 438, also 2 Stösse.

206 Zwei gleich hohe Töne erzeugen niemals Stösse. Dieser Umstand giebt das Mittel an die Hand, Töne vollständig in Einklang zu bringen. (**Scheibler, 1834.**)

207 Ein seiner Schwäche wegen für sich nicht wahrnehmbarer Ton lässt sich durch Zufügung eines eben so schwachen Tons von annähernd gleicher Höhe durch die dann auftretenden Stösse zum Nachweis bringen.

208 Das Ohr vermag die Stösse als solche zu empfinden, sofern ihre Zahl pro Secunde nicht unter 4 bleibt, und 132 nicht überschreitet. (**Helmholtz, 1863.**)

209 Ein Ton heisst rauh, wenn er von Stössen begleitet ist, die sich so schnell folgen, dass ein Zählen derselben unmöglich wird.
Die Rauhigkeit erreicht bei 33 Stössen pro Secunde ein Maximum, und wird unmerkbar bei 132.

210 Der Ton heisst einfach, wenn er für sich allein zur Empfindung gelangt.
Einfache Töne bieten nur die Unterschiede der Höhe und Stärke, niemals die des Klanges.

211 Der nicht einfache Ton wird Klang genannt. Der Klang des Tones wird durch die Obertöne bestimmt, welche den Grundton begleiten. Wäre es möglich, durch Tonerreger einfache Töne hervorzubringen, so würden dieselben bei allen Erregern eine gleiche Klangfarbe — Qualität oder timbre — zeigen.

212 Einfache Töne klingen weich und angenehm, ohne Rauhigkeit, niemals kräftig.
Die Töne der Stimmgabeln und weiter gedackter Pfeifen sind nahezu einfach.

213 Klänge, welche in mässiger Stärke von ihren ersten Obertönen begleitet werden, sind voller, wohllautender, musikalischer, als einfache Töne.
Töne der Flöte, der offenen Orgelpfeifen — Flötenregister, des Waldhorns, Pianofortes u. s. w.

214 Die Klänge werden rauh und scharf, wenn auch die höheren Obertöne noch deutlich sind.

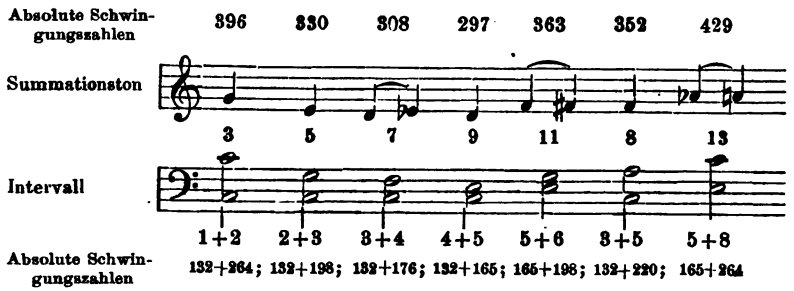
Töne der Streichinstrumente, der Zungenpfeifen, die menschliche Stimme.

Der Klang ist hohl oder näselnd, wenn der Grundton nur 215
von den ungeradzahligen Obertönen begleitet wird, leer, sofern der Grundton schwach auftritt.
Töne der engen gedackten Pfeifen.

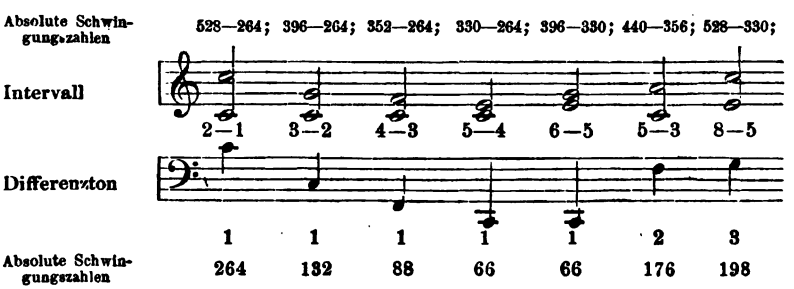
Um eine grössere Fülle des Klanges hervorzubringen, wer- 216
den einem Grundton oft absichtlich Obertöne zugefügt. So bei den sogenannten Mixturen der Orgeln, bestehend aus einer Reihe von Pfeifen, welche, den Obertönen entsprechend abgestimmt, stets gleichzeitig zum Erklingen gebracht werden.

Töne von verschiedener Höhe rufen, gleichzeitig er- 217
klingend, Combinationstöne hervor, deren absolute Schwingungszahl gleich der Summe oder Differenz der Schwingungszahlen der erregenden Töne ist.

Der Summationston ist stets höher und wesentlich schwä- 218
cher, als die ihn erregenden Töne, und so schwierig wahrnehmbar, dass er für gewöhnlich ausser Acht bleibt. (**Helmholtz, 1863.**)



Der Differenzton ist stets tiefer, als die beiden erregenden 219
Töne, und der Deutlichkeit seiner Wahrnehmung wegen von musikalischer Wichtigkeit.



220 Der bekannteste Differenzton ist der sogenannte Tartinische Ton, als tiefere Octave des Grundtons hörbar, wenn letzterer mit seiner Quinte gleichzeitig erklingt. (**Sorge, 1744.**)

221 Der Differenzton des Octavenintervalls ist mit dem Grundton im Einklang und verstärkt diesen.

222 Combinationstöne höherer Ordnung werden diejenigen genannt, welche in Folge des Zusammenwirkens der Combinationstöne erster Ordnung mit dem Grundtone, dem zweiten Tone des Intervalls oder endlich unter sich entstehen. (**Hallström.**) (7).

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Fortpflanzung des Schalles.

223 Das gewöhnlichste Mittel der Fortpflanzung ist die atmosphärische Luft.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist für Töne jeder Höhe dieselbe, und beträgt bei 0^0 Temperatur und 760 Millim. Barometerstand in der Secunde 332 Meter oder circa 1058 preuss. Fuss.

224 Dieser Geschwindigkeit entsprechend, beträgt die Wellenlänge des Contra-C, 33 als absolute Schwingungszahl gesetzt, $\frac{332}{33} = 10{,}0606$ Meter; die des a' für 440 Schwingungen, $\frac{332}{440} = 0{,}7545$, endlich die des höchsten musikalischen Tons d'''' für 4752 Schwingungen, $\frac{332}{4752} = 0{,}0698$ Meter.

225 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in anderen Gasen ist der Quadratwurzel der Dichtigkeit umgekehrt proportional.

226 In Flüssigkeiten und starren Körpern ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit beträchtlich grösser als in der Luft. Den grössten Werth, die 18fache Geschwindigkeit, erreicht dieselbe im Tannenholz.

227 Bei schnellem Ortswechsel des tönenden Körpers ändert sich scheinbar die Tonhöhe: der Ton wird höher beim Nähern, tiefer beim Entfernen. (**Buys-Ballot, 1845.**)

228 Die Zurückwerfung der Schallwellen bedingt die Entstehung des Nachhalls und des Echos oder Wiederhalls.

Die Intensität des Tones nimmt, sofern sich die Schallwellen 229
in demselben Mittel ungehindert verbreiten, mit dem Quadrate der Entfernung ab.

Werden die Schallwellen gehindert sich nach allen Seiten 230
zu verbreiten, eventuell genöthigt, nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, so ist die Intensität derselben verhältnissmässig viel geringerer Abnahme unterworfen.

(Sprach- und Communications-Röhren.)

Werden die Schallwellen gesammelt und nach einem Punkte 231
reflectirt, so steigert sich die Intensität derselben wesentlich.

(Hörröhren.)

Das fortpflanzende Mittel vermag gleichzeitig verschiedene 232
Wellenzüge fortzupflanzen, ohne dass sich dieselben gegenseitig stören. Die Thatsache, dass unserem Ohre durch die Luft gleichzeitig die verschiedensten Töne übermittelt und dort in ihren specifischen Unterschieden empfunden werden, bietet dafür den besten Beweis.

Die Wellenhöhe eines zusammengesetzten Wellenzu- 233
ges ist an jeder Stelle gleich der arithmetischen Summe der Höhen, welche die einzelnen Wellen dort haben würden.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Von dem Mittönen.

Die Schwingungen eines tönenden Körpers theilen sich 234
mehr oder minder leicht anderen, in der Nähe befindlichen Körpern mit.

Diese Mittheilung findet am leichtesten statt, wenn der tonauf- 235
nehmende Körper nach seiner Erregung denselben Ton giebt, wie der erregende.

Uebertragung des Tones. (Resonatoren.) (Helmholtz.)

Der Helmholtz'sche Resonator besteht aus einem kugel- 236
förmigen, cylindrischen oder konischen Gefässe, welches auf einen bestimmten Ton abgestimmt ist. Er dient dazu, das Ohr in den Stand zu setzen, diesen Ton aus einem Klange auszuscheiden. Analyse des Klanges.

Der Resonator nimmt ausser dem Tone, auf welchen er ab- 237
gestimmt ist, auch die ersten Obertöne desselben auf.

238 Platten und Membranen, welche die Schwingungen eines tönenden Körpers aufnehmen, dienen wesentlich zur Verstärkung des Tones. (Resonanzplatten oder Böden.)

239 Dasselbe gilt in erhöhetem Grade von einseitig eingeschlossenen, mit Resonanzplatten in Verbindung stehenden Luftmassen. (Resonanzkästen.)

240 Eine singende Flamme wird durch einen Ton von gleicher Höhe nicht erregt, geräth aber in eigenthümliche, zuckende Bewegungen, wenn neben ihr ein etwas tieferer oder höherer Ton erklingt.

Die auftretenden Schwebungen sind an der Bewegung der Flamme merkbar.

241 In jeder Röhre befindet sich eine Stelle, an welcher die Flamme am stärksten tönt. Etwas ober- oder unterhalb dieser Stelle zeigt die Flamme die Eigenthümlichkeit, dass sie durch einen plötzlich auftretenden Ton von gleicher Höhe zum Ansprechen oder zum Schweigen oder auch Verlöschen gebracht werden kann.

Gehorsame oder sensitive Flammen. (**Schaffgotsch, 1857. Tyndall.**)

Vierundzwanzigstes Capitel.

Das Ohr.

242 Das Ohr des Menschen besteht aus einzelnen, unter einander in Verbindung stehenden elastischen Membranen, feinen Knöchelchen, Körperchen und Härchen, die in und neben besonderen, mit Luft und Flüssigkeit gefüllten Höhlen enthalten sind. Alle diese Theile scheinen fähig, die Schallwellen aufzunehmen und den Gehörnerven mitzutheilen.

243 Das äussere Ohr besteht zunächst aus der Ohrmuschel, der trichterartig erweiterten, vielartig gewundenen und gewölbten Fortsetzung des Gehörganges.

Der letztere ist innen durch eine feine Membran, das Trommelfell, geschlossen, welches durch die von der Ohrmuschel aufgefangenen, im Gehörgang fortschreitenden Schallwellen in Schwingungen gesetzt wird.

244 Das mittlere Ohr, ganz von den Schädelknochen umschlossen, umfasst die Paukenhöhle, die Gehörknöchelchen und die Trom-

pete oder Eustachi'sche Röhre, einen nach der Schlundhöhle führenden Kanal.

Das innere Ohr besteht im Wesentlichen aus dem Labyrinth, 245
einer von dem harten Felsenbein eingeschlossenen, ganz mit wässeriger Flüssigkeit gefüllten Höhle eigenthümlicher Gestalt, sodann der Schnecke, den drei Bogengängen und dem Vorhof.

An einer bestimmten Stelle des Labyrinths finden sich äusserst 246
feine, in scharfe Spalten auslaufende elastische Härchen, welche zwischen den Nervenfasern wachsen, während an anderen Stellen desselben kleine krystallinische Körperchen zwischen diese Fasern gelagert sind.

Hörhärchen und Körperchen werden in Schwingungen gesetzt und übertragen somit die Bewegung des Trommelfells und der Theile des inneren Ohres auf die Nervenenden. (**Schultze.**)

In der Schnecke befindet sich das sogenannte Corti'sche Or- 247
gan, ein System von ungefähr 3000 Stück verschieden gespannter Nervenfasern, vergleichbar einer Harfe, deren Saiten durch Uebertragung in die ihrer Spannung entsprechenden Schwingungen gerathen und dadurch mittönen können. (**Corti, Kölliker.**)

Jede einzelne Faser ist für die Empfindung einer besonderen Ton- 248
höhe bestimmt: die Empfindung verschieden hoher Töne erfolgt auch in verschiedenen Theilen des Ohrs. (**Helmholtz.**)

Die Enden der Gehörnerven sind überall verbunden mit festen 249
und elastischen Einzelorganen; sie überziehen theils die Membranen des inneren Ohres, theils sind sie ausgebreitet auf den Wänden der mit Flüssigkeit angefüllten Bläschen.

Bei den niederen Thieren ist der Bau des Ohres sehr vereinfacht, 250
und es besteht dasselbe häufig nur aus einem mit Flüssigkeit gefüllten feinen Säckchen, auf dessen Oberfläche die Nerven ausgebreitet sind.

Die Richtung des Schalles vermag das Ohr nur annähernd 251
zu erschliessen, wohl aber ist es sehr empfänglich für kleine Unterschiede in der Tonhöhe und Tonfarbe.

Die wahrnehmbaren Unterschiede in der Höhe schwanken zwischen einem ganzen und $1/15$ Comma, d. h. zwischen den relativen Schwingungszahlen $\frac{81}{80}$ und $\frac{1201}{1200}$. (**Seebeck, 1846.**)

Fünfundzwanzigstes Capitel.

Das Stimmorgan.

252 Die thierischen Stimmorgane sind Zungenpfeifen mit membranösen Zungen.

Die Zungen führen den Namen Stimmbänder, die zwischen ihnen befindliche Oeffnung heisst Stimmritze, das Zungengehäuse Kehlkopf.

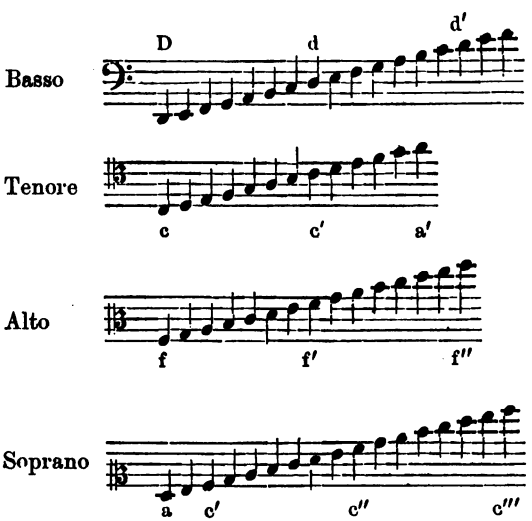
253 In den meisten Fällen ist die Luftröhre Zuführungsrohr, die Mundhöhle der den Ton modificirende Aufsatz. Nur bei den Vögeln wirkt die Luftröhre als eigentlicher Pfeifenkörper, an dessen unterem Ende der Kehlkopf liegt.

254 Die Tonhöhe wird durch die mehr oder minder grosse Anspannung der Stimmbänder bedingt.

Der Ton ist voll, wenn die Stimmbänder als Ganzes, Falset, wenn sie nur theilweise schwingen.

255 Die menschliche Stimme, verschieden nach Geschlecht, Alter und Körperbeschaffenheit, umfasst ungefähr vier Octaven, vom D bis c‴.

Nach Tonhöhe und Umfang bezeichnet man die einzelnen Stimmlagen, wie folgt:



Basso	D	bis	f′	
	74,5	„	352	
Tenore	c	„	a′	
	132	„	440	
Alto	f	„	f″	
	176	„	704	
Soprano	a	„	c‴	
	220	„	1056	

Die articulirten Laute, Vocale und Consonanten sind Modi- 256
ficationen des Klanges unter Mitwirkung der Mundhöhle des Gaumens, der Zunge, Zähne, Lippen, Nasenhöhlen etc.

Gesang und Wort vereint, bilden die vollkommenste Leistung des menschlichen Stimmorgans (8).

Sechsundzwanzigstes Capitel.

Musikalische Instrumente.

Die grosse Mannigfaltigkeit der musikalischen Instrumente ist 257
theils durch die substantielle Natur und Gestalt des tönenden Körpers, theils durch die Art und Weise bedingt, in welcher derselbe in Schwingungen gesetzt wird.

Saiteninstrumente sind: 258

a. mit festen Tönen:
Hackebrett, Harfe, Spinett, Piano etc.

b. mit veränderlichem Ton:
Schlag- und Streich-Zither, Guitarre, Mandoline, Violine, Bratsche, Violoncello, Bass, Pedalharfe, Windharfe etc.

Stabinstrumente sind: 259
Triangel, Stimmgabel, Spieldose, Holz-, Felsen- und Glasharmonika, Stiftgeige etc.

Membranen- und Platteninstrumente sind: 260
Trommel, Pauke, Tambourin, Schelle, Cymbel, Glocke, Becken etc.

Instrumente, nach Art der Labialpfeifen wirkend, sind: 261
die Labialpfeifen der Orgel, die gewöhnliche Signalpfeife, die Panflöte, die Querpfeife, die Flöte etc.

Aechte Zungenpfeifen sind: 262
die Schnarrpfeifen der Orgel, die Pfeifen der Mund-, Zieh- und Physharmonika, die Clarinette, das Oboe, Fagott, Serpent, die Blattpfeife etc.

Pfeifen mit membranösen Zungen sind diejenigen Blas- 263
instrumente, welche kesselförmiges Mundstück haben:
Trompete, Wald- und Signalhorn, Posaune, Tuba etc.

Das vollkommenste musikalische Instrument ist die Orgel, eine 264
Vereinigung verschiedener Pfeifensysteme der Art, dass dieselben durch Register nach Willkür in den Bereich des Windes, durch Tastenwerke einzeln oder zu mehreren zum Ansprechen gebracht werden können.

DRITTER ABSCHNITT.

LEHRE VOM LICHT: OPTIK.

Siebenundzwanzigstes Capitel.

Vom Lichte im Allgemeinen.

265 Mit dem Ausdruck „Sehen“ wird die eigenthümliche, nur durch Vermittlung der Augennerven zum Bewusstsein gebrachte Empfindung bezeichnet.

Alles, was sichtbar ist, sendet Licht aus.

266 Das Licht ist eine Wirkung der Körper in die Ferne; alle Lichtwirkungen werden direct oder indirect durch Körper hervorgerufen.

267 Die Körper sind entweder hell oder dunkel. Helle Körper sind entweder Selbstleuchter, Lichtquellen, oder sie senden Licht zurück, welches Selbstleuchter ihnen zugeschickt: sie sind nur beleuchtet.

268 Von einem leuchtenden Punkte aus verbreitet sich das Licht nach allen Richtungen im Raum. Die gerade Linie, in welcher die Fortpflanzung geschieht, also die gerade Verbindungslinie des leuchtenden und des beleuchteten Punktes, heisst Lichtstrahl.

269 Körper, welche dem Lichte Durchgang gestatten, heissen durchsichtig, diaphan, im entgegengesetzten Falle undurchsichtig, opak.

270 Am Lichte ist zu unterscheiden:

a. die Stärke oder Intensität;
b. die Farbe oder Qualität;
c. die Dauer der Wirkung.

Beleuchtete Körper, welche das auf sie fallende Licht nach allen 271
Richtungen zurücksenden — zerstreuen — ohne es qualitativ zu verändern, werden weiss genannt, im entgegengesetzten Falle farbig.

Sendet der beleuchtete Körper gar kein Licht zurück, so heisst er schwarz.

Vollkommen durchsichtige und vollkommen schwarze Körper kön- 272
nen nicht durch Beleuchtung sichtbar gemacht werden.

Der Raum, welcher sich, von dem leuchtenden Körper abgewen- 273
det, hinter dem beleuchteten undurchsichtigen erstreckt, erhält entweder gar kein Licht oder doch weniger als die Umgebung, und wird Schatten genannt. Der Schatten als solcher ist nicht sichtbar, und wird es nur, wenn ein an und für sich dunkler, nicht vollkommen schwarzer oder nicht vollkommen durchsichtiger Körper in ihn eindringt.

Achtundzwanzigstes Capitel.

Theorie des Lichtes.

Das Licht ist eine feine, unwägbare Materie, ein Imponderabil, 274
dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen und von den leuchtenden Körpern abgesondert werden.

(Absonderungs-, Emanations-, Emissions-Hypothese.)

(Newton, 1672. Biot, Brewster.)

Das Licht wird hervorgerufen und fortgepflanzt durch Schwingun- 275
gen der Moleküle einer alle Körper durchdringenden, im Weltall verbreiteten unwägbaren Materie, Aether genannt.

(Schwingungs-, Undulations-, Vibrations-Theorie.)

(Grimaldi, 1665. Huyghens, 1691. Fresnel, 1815. Cauchy.)

Die Schwingungen der Aethermoleküle erfolgen transversal; 276
entweder in geraden oder in geschlossenen kreisförmigen oder elliptischen Linien.

Finden die geradlinigen Schwingungen in allen durch den Strahl 277
möglichen Ebenen statt, so ist das Licht gewöhnliches, unpolarisirtes; sofern sie aber nur in einer und derselben Ebene liegen, ebenpolarisirt.

Das durch circulare oder elliptische Schwingungen entstandene Licht wird circular- oder elliptisch-polarisirt genannt.

278 Die Weite der Schwingungen bedingt die Intensität des Lichtes, die Schwingungsdauer aber die Qualität oder Farbe desselben.

Den Polarisationszustand vermag das Auge direct nur schwierig zu erkennen. (**Haidinger.**)

279 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Weltenraum beträgt annähernd 42 000 geographische Meilen in der Secunde.

Dieselbe wurde abgeleitet:

a. aus den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten, (**Olaus Römer, 1675.**)
b. aus der Aberration des Lichtes, (**Bradley, 1728.**)
c. mittelst schnell gedrehter Zahnräder und Spiegel, (**Arago, 1838. Fizeau, Foucault, 1850.**)

280 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist verschieden in verschiedenen durchsichtigen Mitteln; je optisch dichter dieselben sind, desto langsamer bewegt sich in ihnen das Licht.

Neunundzwanzigstes Capitel.

Von der Intensität des Lichtes: Photometrie.

281 Die Intensität des Lichtes nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

282 Die Helligkeit einer beleuchteten Fläche ist um so geringer, je schräger die Strahlen auffallen; sie ist dem Sinus des Neigungswinkels gegen die Fläche direct, dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportional.

283 Die Intensität des Lichtes wird geschwächt:

a. durch Zerstreuung von der Oberfläche der Körper;
b. durch Absorption bei dem Durchgange des Lichtes durch nicht absolut durchsichtige Körper;
c. durch die Doppelbrechung;
d. durch Interferenz;
e. durch Polarisation.

284 Die Messung der Intensität des Lichtes heisst Photometrie.

Als Maasseinheit der Lichtstärke dienen Flammen von bestimmter Beschaffenheit; entweder die Flamme einer Carcel'schen Uhrlampe, welche bei festgestellter Dochtgrösse in einer Stunde

ein bestimmtes Oelquantum verzehrt, oder auch die einer Stearin-, Paraffin- oder Walrathkerze von bestimmten Dimensionen. Normalflammen.

285 Die Photometer gründen sich entweder darauf:
- a. dass die zu vergleichenden Lichtquellen von einem und demselben Körper gleich dunkele Schatten werfen (**Rumford, 1794**), oder
- b. dass ein auf weissem Papier hergestellter transparenter Fleck bei gleich intensiver Beleuchtung von beiden Seiten für die Wahrnehmung verschwindet.

Die Gleichheit der Lichtwirkung wird dadurch erreicht,
- a. dass man bei senkrechter Einstrahlung die Entfernung der Lichtquellen (**Bunsen**), oder
- b. bei gleichbleibender Entfernung derselben von der transparenten Papierstelle den Winkel der Einstrahlung ändert. (**Bothe.**) Tangentenphotometer.

286 Das Auge vermag Intensitätsdifferenzen nur annähernd zu schätzen, und wirkliche Verhältnisswerthe nur indirect zu ermitteln.

Dreissigstes Capitel.

Vom Sehen im Allgemeinen.

287 Das Auge setzt den leuchtenden Punkt an die Stelle, von wo aus die Strahlen nach der Pupille divergiren, und erzeugt sich dort das Bild des Sichtbaren.

288 Gehen die das Auge treffenden Strahlen direct und geradlinig von dem leuchtenden Körper aus, so entsteht das Bild an der Stelle, wo sich derselbe befindet.

289 Erleiden die Lichtstrahlen auf ihrem Wege eine Ablenkung, so entsteht das Bild nicht an der Stelle, wo sich der leuchtende Körper befindet. Unter diesen Umständen sind zwei besondere Fälle möglich:
- a. die von dem Körper ausgegangenen Strahlen sind divergirend geblieben, das vom Auge gebildete Bild ist ein optisches, imaginäres oder virtuelles;
- b. die vom Körper divergirend ausgegangenen Strahlen sind durch die Ablenkung in convergirende umgewandelt worden, und haben sich wieder geschnitten: das Bild ist ein physisches, wirkliches oder reelles.

290 Die optischen Bilder haben dieselbe Stellung, wie der leuchtende Körper, die physischen eine umgekehrte; beide Arten Bilder aber können mit dem Körper gleiche Grösse haben, oder kleiner, oder endlich grösser sein.

Einunddreissigstes Capitel.

Spiegelung oder Reflexion des Lichtes: Katoptrik.

291 Spiegel wird die vollkommen glatte, undurchsichtige Oberfläche eines Körpers genannt. In Beziehung auf die Gestalt derselben werden ebene und gekrümmte Spiegel unterschieden.

292 Der Punkt, an welchem ein Lichtstrahl den Spiegel trifft, heisst Einfallspunkt, die in demselben errichtete Normale Einfallsloth, der von dem Strahle und dem Lothe eingeschlossene Winkel Einfallswinkel.

293 Der ausfallende und einfallende Strahl liegen in einer zum Spiegel normalen Ebene, Reflexionsebene genannt; der Ausfallswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.

(Reflexionsgesetze.)

294 Die Divergenz der von einem leuchtenden Punkte auf einen Planspiegel fallenden Strahlen ist vor und nach der Reflexion gleich.

Die das optische Bild und den leuchtenden Punkt verbindende Gerade steht normal auf der Spiegelebene und wird durch dieselbe halbirt, d. h. das optische Bild liegt so weit hinter dem Spiegel, wie der leuchtende Punkt vor demselben.

Der leuchtende Punkt und sein Bild liegen gegen die Spiegelebene symmetrisch.

295 Treffen die von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen zwei Planspiegel, welche sich unter einem Winkel von 90^0 und kleinerem Werthe schneiden, so vervielfältigen sich die Bilder durch wiederholte Reflexion.

Bezeichnet α den Winkel der Spiegel, und ist $\frac{360}{\alpha}$ eine gerade Zahl, so ist die Anzahl dieser Bilder

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1.$$

Dieselben stehen mit dem leuchtenden Punkte im gleichen Abstande vom Schnitt der Spiegel, und liegen unter einander symmetrisch.

Ist $\frac{360}{\alpha}$ eine ungerade Zahl, so tritt die Richtigkeit der gegebenen Gleichung und symmetrische Lage der Bilder nur dann ein, wenn der leuchtende Punkt auf der Halbirungslinie des Spiegelwinkels liegt.

(Kaleidoskop. Winkelspiegel.)

296 Spiegel, deren Oberflächen die Eigenschaften der Kugelfläche haben, heissen sphärische Spiegel; convex oder concav, je nachdem die äussere oder innere Seite spiegelt. Für jeden Einfallspunkt ist die entsprechende Tangentialebene als Spiegelebene zu unterstellen, daher der an den Einfallspunkt gezogene Radius das Einfallsloth.

297 Bei concaven Spiegeln convergiren, bei convexen divergiren diese Lothe, daher haben Concavspiegel die Eigenschaft, Licht zu concentriren oder zu sammeln, Convexspiegel die, es zu zerstreuen.

(Sammelspiegel, Zerstreuungsspiegel.)

298 Für sphärische Spiegel, deren Rand der Einfachheit wegen kreisförmig vorausgesetzt wird, gelten folgende charakteristische Bezeichnungen.

Es heisst der in der Mitte des Spiegels liegende Punkt:
Mittelpunkt des Spiegels;
der Mittelpunkt der erzeugenden Kugel:
Krümmungsmittelpunkt;
die beide Punkte verbindende Gerade:
Axe des Spiegels;
ein auf $^1/_2$ des Krümmungsradius in der Axe liegender Punkt:
Hauptbrennpunkt oder Focus;
der Abstand des Focus vom Spiegel:
Hauptbrennweite;
der Winkel, welchen zwei, mit der Axe in einer Ebene liegende Krümmungsradien einschliessen:
Winkelöffnung des Spiegels.

299 Jede Hauptreflexions- sogenannte Meridianebene schliesst ausser dem Lothe und dem ein- und ausfallenden Strahl auch die Axe des Spiegels ein.

Zweiunddreissigstes Capitel.

Von den durch sphärische Spiegel erzeugten Bildern.

300 Strahlen, welche durch den Krümmungsmittelpunkt auf den Hohlspiegel fallen, werden in sich selbst zurückgeworfen, und deshalb Hauptstrahlen genannt.

301 Die der Axe parallel auf den sphärischen Hohlspiegel fallenden sogenannten axialen Strahlen schneiden sich nach der Reflexion in einer cycloidischen Fläche, deren Spitze in den Focus fällt. Der axiale Durchschnitt derselben wird Brennlinie, katacaustische Curve genannt (9).

302 Treten die axialen Strahlen unter kleinem Einfallswinkel ein, so lässt sich ohne wesentlichen Fehler annehmen, dass der gemeinschaftliche Schnittpunkt der reflectirten Strahlen in den Focus fällt. Oder auch:

die durch den Focus einfallenden Strahlen treten der Axe parallel aus.

303 Leuchtende Punkte, welche ausserhalb des Focus vor dem Hohlspiegel stehen, geben physische Bilder.

Bewegt sich der leuchtende Punkt in dem Raume zwischen Focus und Krümmungsmittelpunkt, so entsteht das Bild in grösserem Abstande vom Spiegel ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes; und umgekehrt: jeder ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes stehende leuchtende Punkt erzeugt sein Bild in dem Raume zwischen Krümmungspunkt und Focus.

304 Alle physischen Bilder, welche ausserhalb des Krümmungsmittelpunktes entstehen, sind grösser als der leuchtende Gegenstand, die zwischen Focus und Krümmungspunkt entstehenden kleiner als derselbe.

Die Grösse des Bildes ist dem Abstande vom Krümmungsmittelpunkte proportional.

305 Leuchtende Körper, welche zwischen dem Focus und dem Hohlspiegel stehen, geben Veranlassung zur Entstehung eines optischen Bildes, welches grösser als der Gegenstand und weiter von dem Spiegel entfernt ist, als dieser.

306 Die der Axe parallel, unter kleinem Einfallswinkel auf einen sphärischen Convexspiegel fallenden Strahlen divergiren nach der Reflexion, und scheinen dann von einem, hinter dem Spiegel lie-

genden, sogenannten negativen, imaginären oder optischen Focus auszugehen.

Convexe sphärische Spiegel erzeugen nur optische, ver- 307
kleinerte Bilder, welche in kleinerem Abstande hinter dem Spiegel entstehen, als der leuchtende Gegenstand sich vor demselben befindet.

Die Strahlen, welche der Axe parallel auf einen Hohlspiegel von 308
der Form eines Umdrehungsparaboloids fallen, werden genau durch den Brennpunkt desselben reflectirt, oder umgekehrt: Die von dem Focus aus auf den Spiegel fallenden Strahlen treten genau der Axe parallel aus.

(Parabolische Reverberen.)

Dreiunddreissigstes Capitel.

Brechung oder Refraction des Lichtes: Dioptrik.

Die Gränzfläche zweier Mittel von verschiedener optischer Dich- 309
tigkeit wird brechende Fläche genannt; der Punkt, wo ein Lichtstrahl dieselbe trifft, Einfallspunkt; die in diesem Punkte errichtete Normale Einfallsloth; der von dem Strahle und diesem Lothe eingeschlossene Winkel Einfallswinkel.

Jeder die brechende Fläche nicht normal treffende Licht- 310
strahl erleidet an dieser eine Ablenkung, er wird gebrochen.

Der einfallende und gebrochene Strahl liegen in einer zur bre- 311
chenden Fläche normalen Ebene, Refractionsebene genannt, und der kleinere der Winkel, welche die beiden Strahlen mit dem Lothe bilden, liegt in dem dichteren Mittel.

Der Strahl wird bei dem Uebergange in ein dichteres Mittel dem Lothe zu-, im entgegengesetzten Falle abgebrochen.

Das Verhältniss der Sinus der Winkel, welche der Strahl vor und 312
nach der Brechung mit dem Lothe einschliesst, ist für je zwei Mittel eine Constante, Brechungsverhältniss oder Brechungsindex, auch Brechungsexponent genannt. Dasselbe wird in Form eines Bruches dargestellt, dessen Zähler der grössere, dessen Nenner der kleinere Sinus bildet. Refractionsgesetze.

(Snellius, Descartes, 1649.)

$$n = \frac{sin.\,\alpha}{sin.\,\beta};\ \alpha > \beta$$

313 Der Winkel, dessen Sinus dem reciproken Werthe des Brechungsindex gleich ist, heisst Gränzwinkel.

$$\frac{sin.\beta}{sin.\alpha} = \frac{1}{n} = sin.\ \varphi$$

314 Jeder Strahl, welcher unter dem Gränzwinkel oder einem grösseren Winkel auf die brechende Fläche fallend, aus dem dichteren in das dünne Mittel tritt, erleidet an der brechenden Fläche Zurückwerfung.

Totale Reflexion.

315 Die angeführten Brechungsgesetze gelten nur für solche Mittel, welche nach allen Richtungen gleiche optische Dichtigkeit haben, für sogenannte homogene oder isotrope Mittel.

316 Isotrope Mittel sind die Gase, die Mehrzahl der Flüssigkeiten, die amorphen Körper in ihrem natürlichen Zustande und die dem Regulärsysteme angehörenden Krystalle. Sie zeigen nach allen Richtungen gleiche Elasticität, gleiche Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität etc.

317 Nicht isotrope Mittel heissen anisotrop oder heterotrop. Sie zeigen nach verschiedenen Richtungen verschiedene Elasticität, und für sie gelten nicht die Gesetze der einfachen Brechung, da jeder in sie eintretende Strahl in den meisten Fällen in zwei Strahlen verschiedener Brechbarkeit zerlegt wird, eine sogenannte Doppelbrechung erleidet.

318 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines und desselben Lichtstrahles ist verschieden in verschiedenen isotropen Mitteln, um so kleiner, je optisch dichter dasselbe ist. Das Verhältniss dieser Geschwindigkeiten entspricht dem Brechungsindex der bezüglichen Mittel.

319 Der Quotient der Lichtbrechung aus dem leeren Raume in ein Mittel heisst absoluter Brechungsindex desselben.

320 Das um 1 verminderte Quadrat des Brechungsindex eines Körpers wird brechende Kraft desselben genannt, der Quotient aus der Dichtigkeit in dieselbe: Brechungsvermögen.

$$n^2 - 1 = \psi;\ \frac{n^2 - 1}{\delta} = \vartheta$$

Die brechende Kraft der Gase ist ihrer Dichtigkeit proportional, das Brechungsvermögen sonach eine von der Temperatur und Tension unabhängige Constante.

(Biot und Arago, 1806. Dulong, 1823.)

Vierunddreissigstes Capitel.

Brechung des Lichtes durch Prismen.

Prisma wird ein, durch zwei sich schneidende Ebenen begränz- 321
tes optisches Mittel genannt.

Die Schnittlinie der Ebenen heisst brechende Kante, der eingeschlossene Winkel: brechender Winkel, jede zur brechenden Kante normale Ebene: Hauptschnitt des Prismas.

Der Winkel, welchen der in das Prisma eintretende Strahl mit 322
dem austretenden einschliesst, heisst totale Ablenkung; dieselbe ist gleich der Summe der Ablenkungen, welche der Strahl an beiden Prismenflächen erleidet.

Die Grösse der totalen Ablenkung hängt ab: 323

a. von dem Brechungsverhältniss des Prismenmittels;
b. von dem brechenden Winkel;
c. von dem Einfallswinkel des Strahls.

Je grösser das Brechungsverhältniss und der brechende Winkel, desto stärker bei gleichem Einfallswinkel die Ablenkung.

Ist der brechende Winkel = 0, d. h. sind die Begränzungsebenen 324
parallel, so ist der ausgetretene Strahl dem eingetretenen parallel.

(Plangläser, Plan-plane Mittel.)

In Beziehung auf den Einfallswinkel des Strahles sind folgende 325
Fälle zu unterscheiden:

a. der Strahl trifft die erste Fläche des Prismas normal, und erleidet in Folge dessen nur beim Austritt Ablenkung;
b. der Strahl erleidet beim Eintritt eine solche Ablenkung, dass er die zweite Begränzungsebene normal trifft, und ohne weitere Brechung austritt;
c. der Strahl erleidet beim Eintritt und Austritt ungleiche Brechung;
d. der Strahl erleidet beim Eintritt dieselbe Ablenkung, wie beim Austritt, und schliesst also vor und nach der Brechung gleiche Winkel mit den Prismenflächen ein.

(Minimum der totalen Ablenkung.)

Der Weg des Lichtstrahls während und nach der Ablenkung lässt 326
sich kurz bezeichnen wie folgt:

Der Strahl entfernt sich von der brechenden Kante, und das optische Bild der Lichtquelle erscheint dem entsprechend dann derselben näher gerückt.

327 Die Sicherheit, mit welcher das Minimum der totalen Ablenkung beobachtet werden kann, giebt ein bequemes Mittel an die Hand, den Brechungsindex des Prismenmittels zu bestimmen.

Bezeichnet δ die totale Ablenkung des Strahls, und γ den brechenden Winkel des Prismas, so ist der Brechungsindex:

$$n = \frac{sin. \frac{(\gamma + \delta)}{2}}{sin. \frac{\gamma}{2}}$$

328 Ist der brechende Winkel des Prismas dem Gränzwinkel des Mediums gleich oder grösser als dieser, so erleidet der die erste Prismenfläche normal kreuzende Strahl an der zweiten totale Reflexion.

Fünfunddreissigstes Capitel.

Brechung des Lichtes durch Linsen.

329 Optische Mittel, welche einseitig oder völlig durch gekrümmte Flächen begränzt sind, werden Linsen genannt, und, sofern die krummen Flächen einer Kugelfläche entsprechen, sphärische Linsen.

330 Sind die Linsen in der Mitte dicker als am Rande, so heissen sie convex, im entgegengesetzten Falle concav.

Speciell werden folgende Formen unterschieden:

planconvex, biconvex, concav-convex;
planconcav, biconcav, convex-concav.

331 Die Gerade, welche die Mittelpunkte der die Linse bildenden Kugelflächen verbindet, wird Linsenaxe genannt; der Abstand beider Flächen in der Axe: Linsendicke; der in der Axe liegende, von beiden Linsenflächen gleich weit entfernte Punkt: Linsenmittelpunkt; der Linsendurchmesser: Oeffnung der Linse.

332 Das Einfallsloth für einen die Linse treffenden Strahl ist der an den Einfallspunkt gezogene Radius der bezüglichen Kugelfläche.

333 Convexe Linsen vermindern die Divergenz der auffallenden Strahlen; sie verwandeln dieselbe in den meisten Fällen in eine Convergenz und werden deshalb auch Sammellinsen oder Collectivlinsen genannt.

Concave Linsen vergrössern diese Divergenz, zerstreuen die auf sie fallenden Strahlen, und heissen daher Zerstreuungslinsen.

Alle auf eine convexe Linse der Axe parallel einfallenden, 334
sogenannten axialen Strahlen schneiden sich nach dem Austritte unter einander in einer cycloidischen Fläche, deren Spitze mit einem in der Axe liegenden Punkte, dem Hauptbrennpunkte oder Focus der Linse, zusammenfällt.

Der axiale Durchschnitt dieser Fläche heisst diacaustische Curve oder Brennlinie.

Der Abstand des Hauptbrennpunktes von der Linse wird 335
Brennweite genannt.

Strahlen, welche der Axe parallel unter kleinem Winkel einfallen, 336
sogenannte centrale Strahlen, schneiden sich, ohne wesentliche Abweichung, in dem Hauptbrennpunkt der convexen Linse.

Die durch diesen Punkt einfallenden Strahlen treten der Axe parallel aus.

Centrale Strahlen, auf eine concave Linse fallend, treten der- 337
artig divergirend aus, als kämen sie von einem vor der Linse liegenden, sogenannten optischen, imaginären oder negativen Focus.

Bezeichnet n den Brechungsindex einer biconvexen Linse, R den 338
grösseren, r den kleineren Krümmungsradius derselben, a die Entfernung eines leuchtenden Punktes von der Linse, x die Vereinigungsweite der von diesem ausgegangenen Strahlen nach der Brechung, so resultirt die Gleichung:

$$\frac{1}{x} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) - \frac{1}{a}$$

Für axiale Strahlen wird der Werth $a = \infty$, somit ist

$$\frac{1}{x} = (n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) = \frac{1}{f}$$

mit f die Brennweite bezeichnet.

Dieser Werth geht über in

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{2}{R}\right) \quad \text{für biconvexe Linsen gleicher Krümmung}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R}\right) \quad \text{„ planconvexe Linsen}$$

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \quad \text{„ concav-convexe „}$$

endlich, da bei allen concaven Linsen die Vereinigungsweite negativ angenommen werden kann:

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r}\right) \text{ für biconcave Linsen}$$

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{R}\right) \quad \text{„ planconcave „}$$

$$\frac{1}{f} = -(n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) \quad \text{„ convex-concave „}$$

339 Unter Einführung des Ausdrucks für die Brennweite in die Gleichung der Vereinigungsweite wird letztere

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a}, \text{ in Worten:}$$

Der reciproke Werth der Vereinigungsweite der Strahlen ist gleich dem reciproken Werthe der Brennweite der Linse, vermindert um den reciproken Werth der Entfernung des leuchtenden Punktes.

340 Bei biconvexen Linsen mit Oberflächen gleicher Krümmung und dem Brechungsindex $^3/_2$ fällt der Hauptbrennpunkt in den Krümmungsmittelpunkt.

341 Leuchtende Körper, welche ausserhalb der Brennweite vor einer convexen Linse stehen, erzeugen physische Bilder.

In Betreff der Lage und Grösse derselben gelten folgende Regeln:

a. Steht der leuchtende Körper um den doppelten Werth der Brennweite von der Linse ab, so ist das physische Bild von gleicher Grösse und hat den gleichen Abstand.

b. Steht der leuchtende Körper zwischen dem Brennpunkte und dem doppelten Abstande desselben von der Linse, so ist das physische Bild grösser und über den doppelten Werth der Brennweite von der Linse entfernt.

c. Ist der leuchtende Körper über den doppelten Werth der Brennweite von der Linse entfernt, so ist das physische Bild kleiner, und entsteht zwischen dem Brennpunkte und dem doppelten Abstande desselben.

342 Ein leuchtender Körper, welcher innerhalb der Brennweite vor der convexen Linse steht, giebt Veranlassung zur Entstehung eines vergrösserten optischen Bildes, welches weiter von der Linse entfernt liegt als ersterer.

Die Linse wirkt als Vergrösserungsglas oder Lupe.

343 Concave Linsen geben nur optische, verkleinerte Bilder, welche der Linse näher liegen als der leuchtende Körper.

(Verkleinerungsgläser.)

Der Werth $\frac{1}{f} - \frac{1}{a}$ wird negativ, weil $a < f$, folglich ist auch $\frac{1}{x}$ negativ, d. h. die Bilder sind optisch.

Sechsunddreissigstes Capitel.

Von den Farben.

Die Lichtunterschiede, welche von der Schwingungsdauer der Aethermoleküle abhängen, werden Farben genannt. 344

Alle Unterschiede der Farbe beschränken sich auf drei: 345

a. Farbenton,
b. Sättigung,
c. Helligkeit.

Eine Farbe ist gesättigt, wenn in ihr kein Weiss enthalten ist.

Die Farben sind theils einfache, theils Mischfarben. 346
Einfache sind: Roth, Grün, Violett.
Hauptmischfarben sind: Orange, Gelb, Cyanblau, Purpur.
Die vollständigste Mischung ist das Weiss.

Die Selbstleuchter senden entweder einfarbiges oder vielfarbiges Licht aus. 347

Das vielfarbigste, also zusammengesetzteste Licht ist das Sonnenlicht, nächst diesem das des elektrischen Lichtbogens zwischen Kohlenspitzen.

Nicht leuchtende Körper sind entweder bei jeder Beleuchtung in der Farbe derselben sichtbar, sie sind weiss, oder nur in einer bestimmten Beleuchtung, sie sind farbig. 348

Die durchsichtigen Mittel lassen entweder jeden Lichtstrahl durch, sie sind farblos, oder nur Strahlen von bestimmter Farbe, sie sind farbige Mittel. 349

Ein farbiger Körper wird nur in der Beleuchtung sichtbar, welche Strahlen der Farbe enthält, in welcher er bei Beleuchtung mit weissem Lichte erscheint. 350

So ist beispielsweise ein rother Körper bei weisser, rother, oranger, violetter Beleuchtung roth sichtbar, in jeder anderen gar nicht.

Ein farbiges Mittel lässt nur diejenigen farbigen Strahlen durch, in deren Farbe es bei dem Durchgange weissen Lichtes erscheint. 351

So lässt beispielsweise ein rothes Mittel nur rothe Strahlen durch, es ist sonach nur für rothe Strahlen durchsichtig, und undurchsichtig für grüne, blaue und gelbe.

Eine Vereinigung zweier verschieden-einfarbiger Mittel ist für jedes Licht undurchsichtig. 352

353 Gleiches Licht erzeugt nur unter gleichen Umständen die gleiche Empfindung; Licht, welches unter gleichen Umständen ungleiche Empfindung erzeugt, wird ungleich genannt. (**Helmholtz.**)

354 Farbige Lichtstrahlen, welche sich gegenseitig zu weissem Lichte ergänzen, heissen complementar gefärbt. (**Chevreul.**)

Gelb . . .	Violett	{ blau, roth.
Roth . . .	Grün	{ blau, gelb.
Blau . . .	Orange	{ gelb, roth.

Oder nach **Helmholtz**:

Roth	Grünlichblau,
Orange	Cyanblau,
Gelb	Indigblau,
Grünlichgelb . .	Violett,
Grün	Purpurroth.

355 Das Licht ändert bei dem Durchgange durch ein Mittel seine Intensität, d. h. letzteres absorbirt Licht, da es nicht absolut durchsichtig ist. Niemals kann es bei diesem Durchgange eine Farbe erhalten, die ihm nicht schon vorher eigenthümlich war.

356 An und für sich farblose Mittel, wie Luft, Wasser, Weingeist, Glas etc. erhalten durch Auflösung sogenannter färbender Körper die Eigenschaft, aus dem in sie eindringenden vielfarbigen Lichte gewisse Strahlen zurückzuhalten, zu absorbiren, andere durchzulassen.

Der Durchgang des weissen Lichtes ist sonach von einer wesentlichen Intensitätsverminderung unzertrennlich.

357 Feingepulverte farblose Mittel oder innige Vermengungen farbloser, nicht mischbarer Flüssigkeiten von verschiedenem Brechungsindex, ingleichen auch Mischungen derselben mit Luftarten verlieren ihre Durchsichtigkeit und heissen dann weiss.

358 Körperoberflächen erlangen durch Ueberzug mit färbenden Stoffen oder Pigmenten die Eigenschaft, das auf sie fallende Licht gefärbt, also nur theilweise zurückzusenden. Lasurfarben, Deckfarben.

359 Das gespiegelte Licht ist niemals qualitativ geändert und erscheint stets in der ursprünglichen Farbe.

Sonach ist das von einem farbigen Körper zurückgesendete diffuse Licht nicht von der mathematischen Oberfläche zurückgeworfen wor-

Nicht homogene Lichtstrahlen können also durch Vereinigung zweier zerstreuenden Mittel gleich starke Ablenkung erleiden.

Die Zusammenstellung zweier oder mehrerer Prismen oder Linsen 401
von verschieden zerstreuender Kraft der Art, dass der gebrochene Lichtstrahl ohne Farbe, achromatisch erscheint, heisst achromatisches Prisma, achromatische Linse.

(C. H. Hall, 1733. Dollond, 1757. Fraunhofer.)

Die achromatische Linse besteht in der Regel aus einer 402
biconvexen Linse von Crownglas, deren farbenzerstreuende Kraft durch eine planconcave Flintglaslinse vollständig aufgehoben worden ist, während die ursprüngliche Ablenkung der Lichtstrahlen nur theilweise Aufhebung erlitten hat. Beide Linsen sind entweder durch Mastix oder Canadabalsam aufeinander gekittet, oder lassen zwischen sich eine dünne Luftschicht von bestimmter Dicke.

Die genannten Apparate achromatisiren, streng genommen, nicht 403
alle, vielmehr nur die äussersten, sogenannten Gränzstrahlen, sie sind also nicht absolut achromatisch.

Einundvierzigstes Capitel.

Interferenz des Lichtes.

Je zwei derselben Lichtquelle entspringende homogene Strahlen 404
verstärken oder schwächen sich gegenseitig, je nach der Längendifferenz des von ihnen zurückgelegten Weges; auf einer von ihnen beleuchteten Fläche wechseln helle und dunkle Streifen mit einander ab. Diese Erscheinung heisst Interferenz des Lichtes.

Treffen die Lichtstrahlen in der Differenz ganzer Wellenlän- 405
gen zusammen, so summirt sich ihre Wirkung; bei dem Unterschiede von $^1/_2$ Wellenlänge und gleicher Intensität vernichten sie sich und es tritt Dunkelheit ein.

(Thomas Young, 1801. Fresnel, 1822.)

Der Abstand der dunklen Streifen von einander ist verschie- 406
den für verschiedenes homogenes Licht; der Beweis für den Satz, dass die Dauer der erzeugenden Schwingungen verschieden ist und die entsprechenden Wellen ungleiche Längen haben.

Die aus dem Abstande der dunklen Streifen und der bekannten 407
Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts ermittelten Werthe der Wel-

lenlängen und Schwingungsdauer sind: Für das äusserste rothe, am wenigsten brechbare Licht die Wellenlänge 0,000645 Mm., die Schwingungsdauer $\frac{1}{481 \cdot 10^{12}}$ Secunde. Für das äusserste violette, am stärksten brechbare Licht 0,000406 Mm. und $\frac{1}{764 \cdot 10^{12}}$ Secunde.

(Fraunhofer, 1821. Fresnel, 1826.)

408 Die Wellenlänge in einem anderen Mittel ergiebt sich in dem Quotienten des Brechungsindex dieses Mittels gegen Luft in die bezeichnete für atmosphärische Luft geltende Zahl.

409 Bei der Interferenz nicht homogener Strahlen treten Farbenerscheinungen, sogenannte Interferenzspectren auf, welche ihre Entstehung dem Umstande verdanken, dass die hellen und dunklen Streifen bei den verschiedenen homogenen Strahlen ungleichen Abstand haben und daher nicht genau auf-, sondern neben einander fallen.

410 Interferenzerscheinungen, welche sich bei dem Durchgange des Lichtes durch feine Gitter etc., so wie an der Gränze des Schattens der Körper zeigen, werden mit dem Namen Beugung oder Diffraction des Lichtes belegt.

(Grimaldi, 1665. Fraunhofer, Schwerd, 1835.)

411 Dünne Blättchen farblos-durchsichtiger Mittel erscheinen, je nach der Dicke, durch Interferenz des von der oberen und unteren Seite gespiegelten Lichtes, hell oder dunkel, sofern sie homogen beleuchtet werden; lebhaft gefärbt, wenn heterogenes Licht auf sie fällt.

(Farben dünner Blättchen.) **(Hooke, Newton, 1675.)**

Zweiundvierzigstes Capitel.

Polarisation des Lichtes.

412 Finden die Schwingungen der Aethermoleküle in allen durch den Strahl möglichen Ebenen statt, so ist das Licht gewöhnliches oder unpolarisirtes, liegen diese Schwingungsbahnen aber alle in einer und derselben Ebene, so ist das Licht ebenpolarisirt.

(Fresnel, 1815.)

413 Die Ebene, gegen welche die Schwingungen der Aethermoleküle normal erfolgen, wird Polarisationsebene genannt.

414 Ein Lichtstrahl, welcher neben polarisirtem Licht noch unpolarisirtes enthält, heisst partiell polarisirt.

Vollständig polarisirt ist jeder der Strahlen, in welchen ein doppelbrechender Körper das eindringende Licht spaltet: die Polarisationsebenen der beiden Strahlen stehen auf einander senkrecht. **(Huyghens, 1691.)** 415

Partiell polarisirt ist das Licht, welches von der Oberfläche eines durchsichtigen Mediums zurückgeworfen wird: Polarisation durch Spiegelung, und das, welches bei dem Durchgange durch ein optisches Mittel einfache Brechung erlitten hat: Polarisation durch Brechung **(Malus, 1808.)** 416

Die mehr oder minder vollständige Polarisation des gespiegelten Strahls hängt von dem Brechungsindex des spiegelnden Mittels und dem Einfallswinkel des Strahls ab. 417

Das zurückgeworfene Licht ist vollständig polarisirt, wenn der gespiegelte Strahl auf dem gebrochenen senkrecht steht, d. h. wenn die Tangente des Einfallswinkels dem Brechungsindex gleich ist.

$$tg.\alpha = n$$

(Winkel der vollständigen Polarisation.) **(Brewster, 1815.)**

Die Polarisationsebene des gespiegelten Strahls fällt mit der Reflexionsebene desselben zusammen. 418

Der durch Brechung polarisirte Strahl ist dann vollständig polarisirt, wenn seine Intensität gleich der Hälfte von der des eingetretenen ist. (?) Dies lässt sich, farblose Medien vorausgesetzt, annähernd dadurch erreichen, dass der Lichtstrahl unter dem Winkel der vollkommenen Polarisation auf ein System dünner, durch parallele Flächen begränzter Platten tritt. 419

Die Polarisationsebene des gebrochenen Strahls steht normal auf der Refractionsebene. 420

Durchsichtige isotrope Mittel sind in Bezug auf die Polarisation einem doppelbrechenden Körper zu vergleichen. Sie zerlegen das auf sie fallende Licht in zwei Strahlen: einen gespiegelten und einen durchgelassenen, deren Polarisationsebenen auf einander senkrecht stehen (10). 421

Ein vollkommen ebenpolarisirter Strahl wird von einem Spiegel nur dann vollständig reflectirt, wenn die Polarisationsebene des Strahls mit der Reflexionsebene des Spiegels zusammenfällt. Schneiden sich diese beiden Ebenen normal, so erleidet der polarisirte Strahl keine Zurückwerfung, sondern wird vollständig vernichtet. 422

Ein vollständig ebenpolarisirter Strahl wird von einem System durchsichtiger paralleler Platten nur dann durchgelassen, wenn seine Polarisationsebene auf der Refractionsebene der Platten senkrecht steht, in jeder anderen Stellung der Platten theilweise, bei normaler Kreuzung beider genannter Ebenen vollständig absorbirt. 423

424 Der das Licht polarisirende Apparat wird Polarisator, der das Licht auf seine Polarisation untersuchende Analysator genannt. Sofern sich die Polarisationsebenen der beiden genannten Theile eines vollständigen Polarisationsapparates normal kreuzen, erscheint das Gesichtsfeld dunkel.

425 Als Polarisator oder Analysator dienen, ausser dem Polarisationsspiegel und dem System paralleler durchsichtiger Platten, hauptsächlich folgende Apparate:

a. Die Turmalinplatte, eine der krystallographischen Hauptaxe parallel geschliffene Platte grünen oder hellbraunen Turmalins. Jeder eindringende Lichtstrahl spaltet sich in zwei, von denen der eine durch Absorption vernichtet wird, während der andere, dessen Polarisationsebene der Hauptaxe parallel ist, austritt. (Seebeck, Biot.)

b. Das Nicol'sche Prisma, kurz Nicol genannt, ein diagonal geschnittenes Kalkspath-Rhomboëder, dessen Schnittflächen durch Kanadabalsam wieder an einander gekittet sind. Von den beiden durch Doppelbrechung entstandenen Strahlen wird der eine an der Schnittfläche total reflectirt, während der andere, dessen Polarisationsebene der langen Diagonale der rhombischen Endflächen des Säulenstücks parallel liegt, austritt. (Nicol, 1828.)

426 Das dunkle Gesichtsfeld des Polarisationsapparates erscheint hell, wenn zwischen die polarisirenden Theile doppelbrechende, circular- oder elliptisch-polarisirende Körper gebracht worden.

427 Ebenpolarisirte Strahlen, deren Polarisationsebenen nicht zusammenfallen, können sich durch Interferenz niemals vernichten.

Dreiundvierzigstes Capitel.

Das menschliche Auge.

428 Das Auge wirkt als achromatische Linse, welche von den leuchtenden Körpern verkleinerte physische Bilder erzeugt, die, indem sie auf dem Sehnerven entstehen, von diesem empfunden und zum Bewusstsein gebracht werden.

429 Der fast kugelförmige, zum grossen Theile in einer Vertiefung des Schädels, der sogenannten Augenhöhle liegende, vorn durch

die Augenlider gedeckte Augapfel ist von einer Muskelhaut umschlossen, wodurch seine Bewegung ermöglicht wird.

Die äusserste Hülle des Augapfels wird durch eine harte Haut, die 430
Sclerotica, gebildet, welche weiss und undurchsichtig ist und an dem vorderen Theile in die durchsichtige Hornhaut, Cornea, übergeht. Dieselbe ist stärker gekrümmt als der übrige Theil des Augapfels.

Unter der Hornhaut liegt die Regenbogenhaut oder Iris, wel- 431
che den Augapfel in zwei Abtheilungen, die vordere und hintere Augenkammer theilt. Die in der Mitte der Iris vorhandene Oeffnung, Pupille genannt, kann durch die in der genannten Haut enthaltenen Muskelfasern erweitert und verengert werden.

Hinter der Iris hängt, in eine farblose durchsichtige Haut einge- 432
schlossen und durch diese im Auge beweglich befestigt, die sogenannte Krystalllinse. Die hintere Augenkammer ist von dem sogenannten Glaskörper, die vordere mit einer wässerigen Flüssigkeit angefüllt.

Unter der Sclerotica findet sich die an Blutgefässen reiche Ader- 433
haut, die Choroidea, welche mit der schwarzen Pigmenthaut überzogen ist, über welche sich dann die feinen Fasern des in dem unteren Theile des Augapfels eintretenden, sich viel verzweigenden Sehnerven als sogenannte Netzhaut, Retina, ausbreiten.

Die Netzhaut besteht aus einer Reihe verschiedener Schich- 434
ten. Dem Glaskörper zunächst liegen durchsichtige Nervenfasern, welche von dem Orte, wo der Nervenstrang eintritt, strahlenförmig verlaufen; sie sind unempfindlich für die Einwirkung des Lichtes.

Weiterhin folgen mehrere regelmässige Lagen verschieden gestalteter Elemente: Nervenzellen und Körner, untermischt mit feinen Nervenfäserchen.

Die tiefste Schicht — das eigentliche Organ der Empfindung, wird Stäbchenschicht genannt. Sie besteht aus einer grossen Anzahl schlanker Cylinder, welche normal auf der Netzhaut stehen, zwischen welche schwach konische Zapfen eingestreut sind.

(**Max Schultze.**)

Die Zapfen gelten als die Nervenendorgane des Far- 435
bensinns; sie sind entweder empfindlich für die rothen, oder grünen oder endlich violetten Strahlen. (**Th. Young, Helmholtz.**)

Der Farbensinn ist nicht bei allen Personen normal ausge- 436
bildet. Oft mangelt die Fähigkeit, naheliegende Farbentöne zu unterscheiden, manchmal sogar das Vermögen, Hauptfarben, speciell Roth und Grün als charakteristisch verschieden zu empfinden.

(Farbenblindheit, Daltonismus.)

437 Die hauptsächlichsten brechenden Mittel des Auges: die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse und der Glaskörper bilden eine Combination einer nahezu planconvexen, biconvexen und concavconvexen Linse, deren gemeinschaftliche Axe, Augenaxe genannt, durch die Mitte der Pupille geht, und deren Hauptbrennpunkt nahe an der hinteren Fläche der Krystalllinse liegt.

438 Zum deutlichen Sehen ist die Entstehung des physischen Bildes auf der Netzhaut erforderlich.

439 Da die sichtbaren Gegenstände verschiedene Entfernung vom Auge haben, nichtsdestoweniger aber, sofern gewisse Gränzen nicht überschritten werden, von allen deutliche Bilder wahrgenommen werden können, so muss das Auge die Fähigkeit besitzen, den Hauptbrennpunkt entsprechend zu ändern.

Dieses Vermögen, Accommodationsvermögen genannt, beruht auf der Möglichkeit, der vorderen Seite der Krystalllinse eine mehr oder minder grosse Krümmung zu geben. (**Helmholtz.**)

440 Mittlere Sehweite heisst die kleinste Entfernung, in welcher ein Gegenstand ohne Anstrengung noch deutlich wahrgenommen werden kann. Dieselbe variirt zwischen 0,20 M. bis 0,25 M.

441 Personen, welche nur von nahen Gegenständen deutliche Bilder erhalten, heissen kurzsichtig, im entgegengesetzten Falle fernsichtig. Myopie, Presbyopie.

Dem erstgenannten Fehler lässt sich durch Anwendung concaver, dem anderen durch convexe Gläser theilweise abhelfen. (Brillen.)

442 Das Undurchsichtigwerden der brechenden Mittel oder der Membranen erzeugt Blindheit, welche nach Umständen durch eine Operation getheilt werden kann: grauen Staar. Die Unfähigkeit der Sehnerven, den Lichteindruck zu empfinden, bedingt unheilbare Blindheit: schwarzen Staar.

443 Durch das Sehen mit beiden Augen wird nicht nur das Gesichtsfeld grösser, sondern auch das Mittel geboten, in der Fläche liegende Bilder von körperlichen zu unterscheiden. (Stereoskop.)
(**Wheatstone, 1838.**)

Vierundvierzigstes Capitel.

Scheinbare Grösse der Bilder.

Der Winkel, unter welchem zwei leuchtende Punkte vom Auge aus erscheinen, heisst Sehwinkel. Die Grösse desselben ist sowohl von der Entfernung der Punkte unter sich, als auch vom Abstande derselben vom Auge abhängig. 444

Körper, welche unter gleichem Sehwinkel erscheinen, haben gleiche scheinbare Grösse. 445

Körper von gleicher scheinbarer Grösse sind gleich gross, wenn ihre Entfernung vom Auge die gleiche ist, im anderen Falle ist ihre wirkliche Grösse der Entfernung direct proportional. 446

Aus dem Sehwinkel vermag das Auge, bei bekannter Entfernung, die Grösse eines Körpers zu schätzen, und umgekehrt. 447

(Augenmaass.)

Gegenstände, welche, ohne ihre Entfernung zu ändern, durch irgend ein Mittel unter vergrössertem Sehwinkel sichtbar werden, erscheinen in der Regel nicht grösser, sondern näher. 448

Bei dem Sehen mit beiden Augen schneiden sich die Augenaxen in dem fixirten Punkte, und es entstehen zwei verschiedene Projectionen desselben auf die weiter entfernt liegenden Gegenstände. 449

(Stereoskop, Teleostereoskop.)

(Wheatstone, Brewster, Dove, Helmholtz.)

Fünfundvierzigstes Capitel.

Subjective Erscheinungen.

Eine weniger als $^1/_{1000000}$ Secunde anhaltende Wirkung des Lichtes genügt, die Körper vollständig sichtbar zu machen. 450

Leuchten des elektrischen Funkens. **(Wheatstone, 1834.)**

Jeder Lichteindruck wird länger empfunden, als seine wirkliche Dauer beträgt, um so anhaltender, je intensiver er war. 451

Bei gleicher Helligkeit ist die Farbe von wesentlichem Einfluss.

Thaumatrop, Phenakistoskop, stroboskopische oder Wunderscheiben, Anorthoskop.

(d'Arcy, 1765. Plateau, 1836. Stampfer, 1834.)

452 Helle Gegenstände auf dunklem Grunde erscheinen grösser, dunkle Gegenstände auf hellem Grunde kleiner, als sie sind. Irradiation des Lichts. (**Plateau, 1836. A. Fick, 1836. Welcker, 1852. Helmholtz, 1856.**)

453 Die längere Einwirkung einer Farbe macht das Auge unfähig, dieselbe voll zu empfinden, dafür aber empfindlicher für jede andere. Das mit einer Farbe gesättigte Auge erblickt weisse Körper complementar gefärbt.
(**Chevreul, Plateau, 1838. Fechner, 1838. Helmholtz, 1856.**)
(Farbiges Nachklingen. Farbige Schatten.)

454 Werden dem Auge anhaltend in kurzen Zwischenräumen complementar gefärbte Strahlen zugeführt, so erblickt es zuletzt Weiss, auch dann, wenn beiden Augen verschiedenes, complementar gefärbtes Licht geboten wird. (**Newton, 1672. Dove, 1838.**)

Sechsundvierzigstes Capitel.

Die wichtigsten optischen Instrumente.

455 Die Lupe oder das einfache Mikroskop ist eine convexe Linse, welche von einem, innerhalb der Brennweite stehenden Körper ein optisches, vergrössertes Bild erzeugt. Ihre Wirkung ist darauf zurückzuführen, dass ihr Einschalten zwischen Körper und Auge die Brennweite des letzteren verringert, wodurch es möglich wird, Gegenstände in grösserer Nähe, also unter vergrössertem Gesichtswinkel deutlich zu sehen.

Je kleiner die Brennweite, desto stärker die Vergrösserung.

456 Die convexe Linse als Erzeuger physischer Bilder findet Anwendung in der Camera obscura, Laterna magica, dem Sonnen- und Gasmikroskop und den verschiedenen Fernröhren.

Als Beleuchtungsapparat wirkt sie bei den Mikroskopen, auf Leuchtthürmen u. s. w.

457 Der Beleuchtungsapparat auf Leuchtthürmen besteht aus einem Systeme von Linsenzonen, in deren gemeinschaftlichem Brennpunkte sich die Lichtquelle, gewöhnlich eine Carcel'sche Uhrlampe mit mehreren concentrischen Dochten befindet. (**Fresnel.**)

458 Instrumente, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände lichtstärker oder unter grösserem Gesichtswinkel zu erblicken, heissen Fernröhren oder Teleskope. Das der Construction derselben zu Grunde liegende Princip ist folgendes:

Das physische Bild, welches ein Hohlspiegel oder eine convexe Linse von dem entfernten Gegenstande erzeugt, wird direct durch eine Lupe betrachtet oder vorher noch durch einen Hohlspiegel oder eine Linse einer Umdrehung unterworfen.

Ist der das physische Bild erzeugende Apparat ein Hohlspiegel, so heissen die Fernröhren katoptrische, Spiegelteleskope oder Reflectoren. 459

Die bekanntesten Spiegelteleskope sind:

das **Gregory**'sche, **1661** erfunden, **1663** ausgeführt;
das **Newton**'sche **1672**;
das **W. Herrschel**'sche **1774**, bezüglich **1795**.

Ist der das Bild erzeugende Apparat eine convexe Linse, so heisst das Instrument dioptrisches Fernrohr oder Refractor. 460

Die bekanntesten dioptrischen Fernröhren sind das **Keppler**'sche oder astronomische **1611**; das terrestrische oder **Rheita**'sche, **1645**; das **Galiläi**'sche oder holländische.

(**Lippersheim, 1608.**)

Die dem Gegenstande zugewendete Linse hat grosse Brennweite, einen möglichst grossen Durchmesser, und wird Objectiv genannt. 461

Die dem Auge zugekehrte Linse hat in der Regel sehr geringe Brennweite, kleinen Durchmesser und wird Ocular genannt. Die Ocularlinse des **Galiläi**'schen Fernrohres ist concav.

Alle zu einem dioptrischen Fernrohr gehörenden Linsen haben eine gemeinschaftliche Axe, Axe des Fernrohres genannt. An den Hauptbrennpunkten der Linsen sind, zur Abhaltung der Randstrahlen und alles diffusen Lichtes ringförmige Oeffnungen, sogenannte Diaphragmen angebracht, im Brennpunkte des Oculars oft ein System feiner Fäden, das Fadenkreuz oder Mikrometer. 462

(**Gascoigne, 1712.**)

Die Länge des astronomischen Fernrohres ist gleich der Summe der Brennweiten beider Linsen. 463

Die des terrestrischen Fernrohres ist gleich der Summe der Brennweite des Objectivs, des Oculars und der vierfachen Brennweite der zwischen ihnen eingeschalteten, sogenannten Umdrehungslinse.

Die Vergrösserung des Fernrohres ist gleich dem Quotienten der Brennweite des Oculars in die des Objectivs; die Lichtstärke gleich dem Quotienten der Grösse beider Linsen. 464

Die drei Hauptanforderungen an ein gutes Fernrohr sind: 465

Helligkeit oder Lichtstärke,
Vergrösserung,
Schärfe.

Letztere wird, unter Beeinträchtigung der beiden anderen durch Einführung einer sogenannten Collimationslinse zwischen Objectiv und Ocular gesteigert, und damit gleichzeitig die Länge des Fernrohres verkleinert.

466 Das zusammengesetzte Mikroskop ist dem Fernrohre zu vergleichen; es hat zum Objectiv eine Linse von geringer Brennweite, und der zu betrachtende Gegenstand steht in wenig grösserem Abstande als der Brennpunkt des Objectives von demselben entfernt.

467 Der Heliostat ist ein Planspiegel, drehbar um zwei auf einander normal stehenden Axen, dazu bestimmt, das Licht, welches eine bewegliche Lichtquelle, in fast allen Fällen die Sonne aussendet, stets in einer und derselben Richtung zurückzuwerfen.

468 Der Heliotrop ist ein Planspiegel, welcher mit Sicherheit und Leichtigkeit so gestellt werden kann, dass er das Sonnenlicht nach einer bestimmten Stelle reflectirt. Er findet Verwendung bei geodätischen Arbeiten und in der optischen Telegraphie.

(**Gauss, 1830 (?). Steinheil.**)

469 Der Spiegelsextant ist eine Combination zweier Planspiegel, welche normal auf der Ebene eines getheilten Kreises so gegenüber stehen, dass sich der von ihnen eingeschlossene Winkel ändern und ablesen lässt; er dient zur Bestimmung des Sehwinkels zweier leuchtender Punkte durch eine einzige Beobachtung. Der eine dieser Punkte wird direct ins Auge gefasst, und dann das durch zweimalige Reflexion hervorgerufene optische Bild des anderen in gleicher Richtung sichtbar gemacht. Der von beiden Spiegeln eingeschlossene Winkel ist für diesen Fall $= \frac{1}{2}$ des gesuchten Gesichtswinkels. (**Hadley, 1731.**)

470 Bei Parallelismus der Spiegel erscheinen das directe Bild und optische Spiegelbild eines unendlich entfernten Punktes in gleicher Richtung, für endlich entfernte Punkte aber muss der Parallelismus in dem Maasse abgeändert werden, als dieselben näher rücken. Die daraus hervorgehende Verlegung des sogenannten Nullpunktes des Sextanten heisst Collimationsfehler.

Derselbe ist gleich der Hälfte des Winkels, welchen die von dem leuchtenden Punkte nach dem Auge und der ersten reflectirenden Fläche gezogenen Linien einschliessen, und ist sonach ausser von der Entfernung des leuchtenden Punktes noch von dem Seitenabstande des beweglichen Spiegels abhängig. Ist dieser Abstand beträchtlich, so eignet sich der Sextant zum Distanzmesser.

471 Das Spectroskop ist eine Vorrichtung, welche dazu dient, das Licht verschiedener Quellen mit Hülfe von Prismen zu analysiren und

unter sich zu vergleichen. Es besteht im Wesentlichen aus einem oder mehreren Prismen von stark zerstreuender Kraft, einem Spaltrohr mit Collectivlinse und einem Ablesefernrohr.

(**Bunsen und Kirchhoff, 1859.**)

Siebenundvierzigstes Capitel.

Lichtquellen und chemische Wirkungen der Strahlen.

Natürliche Lichtquellen sind die Fixsterne, vornehmlich die Sonne, die Feuermeteore und die leuchtenden Thiere. Die Planeten und Kometen senden nur das Licht zurück, welches die Sonne auf sie gestrahlt. 472

Stark erhitzte Körper, sei es, dass die Wärme von Aussen zugeführt oder durch elektrischen Einfluss in ihnen erregt wird, werden zu Selbstleuchtern. Das von ihnen ausgehende Licht ist niemals vollkommen homogen, und wechselt in seiner Farbe vom ersten Augenblicke des sichtbaren Glühens bis zur höchsten erreichbaren Temperatur durch 473

Dunkelroth, Kirschroth, Hellroth, Weiss, Blauweiss.

Manche Körper besitzen die Fähigkeit, durch verhältnissmässig geringe Temperaturänderungen lebhaft aufzuleuchten, zu phosphoresciren. Diese Erscheinung, an einer grossen Menge Mineralien, namentlich dem Flussspath, Diamant, Topas, Rubellit, Titanit etc., ferner an dem Oxyde des Calciums, Magnesiums, Zirkoniums, Zinkes etc. auftretend, hat mit Chemismus nichts gemein. 474

Eine der Phosphorescenz der Körper nahe verwandte Erscheinung ist die Fähigkeit gewisser Mineralkörper, wie des Diamants, sowie des künstlich dargestellten Schwefelbaryums, Schwefelcalciums u. s. w., dann Lichtstrahlen auszusenden, wenn sie längere Zeit der Einwirkung intensiven Lichtes ausgesetzt gewesen. (Wirkung durch Insolation.) 475

Die Lichtstrahlen besitzen die Fähigkeit, chemische Verbindung der Körper einzuleiten, oder chemische Verbindungen zu zersetzen, sie üben chemische Wirkungen aus. (**Scheele, 1784.**) 476

Die stärkste chemische Wirkung wird durch die Sonnenstrahlen erreicht. Nicht alle Strahlen des Spectrums besitzen die gleiche Fähigkeit, dieselbe ist vielmehr abhängig von der Wellenlänge, und am stärksten bei den Strahlen der grössten Brechbarkeit, dem Violett. 477

Künstlich erzeugtes Licht enthält ebenfalls chemische Strahlen; besonders reich daran sind die Flammen des in Stickoxydgas brennenden 478

Schwefelkohlenstoffs, des in Luft brennenden Magnesiums und Kohlenoxydgases, des in Chlor brennenden Antimons und die durch Chlorkupfer grün gefärbte Flamme brennender Gase überhaupt.

(**Bunsen, v. Babo.**)

479 Die chemischen Wirkungen des Sonnenspectrums erstrecken sich noch über die Gränzen des sichtbaren, stark brechbaren Lichts, so dass es nöthig wird, die Existenz dunkler, den Sinneswerkzeugen unbemerkbarer Strahlen von kleinerer Wellenlänge, sogenannter chemischer oder actinischer Strahlen anzunehmen.

(**Wollaston, Bérard, 1812.**)

480 Die Intensität der chemischen Strahlen wird vergleichsweise gemessen:

a. durch die Menge Chlorwasserstoff, welches dieselben unter gleichen Umständen aus einem Gemenge der Bestandtheile desselben, dem sogenannten Chlor-Knallgas, zu bilden vermögen; (**Bunsen** und **Roscoe, 1856.**)

b. durch die Zeit, welche erforderlich ist, ein besonders präparirtes Papier in bestimmter Weise zu färben. Die beobachteten Zeiten sind der chemischen Lichtstärke umgekehrt proportional. (**Bunsen** und **Roscoe, 1863.**) Actinometer. **H. Vogel's** Photometer.

481 Mischungen von Stärkekleister und Jodkalium, die Verbindungen des Silbers mit Chlor, Jod und Brom, das oxalsaure Eisenoxyd, Mischungen von Kaliumbichromat mit Leim und andere Körper werden durch die chemischen Strahlen mehr oder minder schnell zersetzt.

(**Gay-Lussac** und **Thenard, J. Davy, Niépce, 1814.**)

482 Die actinischen Strahlen zerlegen chemisch-zusammengesetzte Luftarten; sie erzeugen bei geringer Tension letzterer fast momentan nebelartige Niederschläge, welche das auffallende Licht im ausgezeichnetsten Grade zerstreuen.

Die Niederschläge nehmen die Form beweglicher, ihre Gestalt leicht wechselnder leuchtender, dabei vollkommen durchsichtiger Wolken an. Actinische Wolken. (**Tyndall, 1868.**)

483 Rothe und gelbe farbige Mittel besitzen für die chemischen Strahlen die grösste Absorptionsfähigkeit; Licht, welches fluorescirende Körper, z. B. eine Lösung von Kaliumplatincyanür, Chinin, des grünen Farbstoffs der Blätter u. s. w. durchdrungen, oder von diesen selbst zurückgeworfen wurde, ist seiner chemischen Strahlen mehr oder minder vollständig beraubt.

484 Das Verfahren, Lichteindrücke, namentlich die physischen Bilder, welche convexe Linsen von leuchtenden Körpern erzeugen, durch chemische Wirkung zu fixiren, wird Photographie genannt.

J. N. Niépce übergab **1827** der Royal Society in London Lichtbilder auf Metall.

Daguerre lehrte **1839** die Herstellung von Lichtbildern auf jodirten Silberplatten. Daguerreotypie.

Talbot veröffentlichte **1841** ein Verfahren, das physische Bild einer Linse auf einem mit Jodsilber überzogenen Papier unter Mitwirkung von Gallussäure zu fixiren.

Niépce de St. Victor erzeugte zuerst die Bilder auf einer über Glasplatten ausgebreiteten, Jodsilber enthaltenden Eiweissschicht. **Legray** ersetzte **1850** das Eiweiss durch Collodium; das Verfahren wurde **1851** durch Archer und Fry in die Praxis eingeführt.

Poitevin benutzte zuerst die Lichtempfindlichkeit des mit Kaliumbichromat behandelten Leims. Kohleverfahren.

VIERTER ABSCHNITT.

LEHRE VON DER WÄRME.

Achtundvierzigstes Capitel.

Von der Natur und Bewegung der Wärme.

485 Die Wärme ist eine feine unwägbare Materie, ein Imponderabil, dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen, von den Molekülen der Körper aber Anziehung erleiden.

Emanations-, Emissions-Hypothese.

486 Die Wärme wird wie das Licht hervorgerufen durch Schwingungen der Aethermoleküle, und unterscheidet sich von diesem nur durch die Schwingungsdauer und die entsprechende Verschiedenheit der Wellenlänge.

Schwingungs-, Undulations-Theorie.
Mechanische Theorie der Wärme.

487 Die Wärme ändert das Volumen, die Dichtigkeit, den Aggregatzustand, die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Körper, macht diese unter Umständen zu Selbstleuchtern, vermehrt oder vermindert die chemischen Verwandtschaftskräfte und ist endlich fühlbar oder sensibel.

488 Körper ohne Wärme existiren nicht (11).

489 Die nach Aussen wirkende, sogenannte freie oder fühlbare Wärme eines Körpers bedingt seine Temperatur.

490 Körper von verschiedener Temperatur setzen sich nach und nach in das Wärmegleichgewicht, d. h. sie nehmen gleiche Temperatur an.

491 Die Fortpflanzung oder Bewegung der Wärme findet durch Leitung, Strahlung und sogenannte Molekularbewegung

statt. Die letztere ist nur in flüssigen und luftförmigen Körpern möglich, und beruht auf der Ortsveränderung erwärmter körperlicher Moleküle, welche kälteren Platz machen. Bewegung der Atmosphäre. Luft- und Wasserheizung. Meeresströmungen.

492 Bei der Leitung wandert die Wärme von Molekül zu Molekül, und es ist die Temperatur der letzteren um so höher, je näher sie der Wärmequelle liegen.

Die Fähigkeit der Körper, als Wärmeleiter zu wirken, ist verschieden, und hängt von der substantiellen Natur und dem Querschnitte derselben ab.

Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, die schlechtesten die luftförmigen Körper.

Unter den Gasen zeichnet sich Wasserstoff durch verhältnissmässig gute Wärmeleitungsfähigkeit aus. (**Magnus, 1861.**)

493 Bei der Strahlung pflanzt sich die Wärme wie das Licht fort, nimmt mit dem Quadrate der Entfernung an Intensität ab, und durchdringt die Mittel, ohne sie zu erwärmen.

494 Körper, welche eine messbare Menge Wärmestrahlen durchlassen, werden durchwärmig oder diatherman, im entgegengesetzten Falle undurchwärmig oder atherman genannt.
(**Mariotte, 1817. Scheele, de la Roche, Melloni, 1831.**)

495 Die Wärmestrahlen werden an der Oberfläche der Körper entweder diffus zurückgeworfen, oder nach den Reflexionsgesetzen gespiegelt, oder endlich absorbirt. (**Leslie, 1804.**)

496 Die Wärmestrahlen werden durch diathermane Mittel den Brechungsgesetzen entsprechend gebrochen, und erleiden bei dem Durchgange eine mehr oder minder grosse Absorption.

497 Die Wärmestrahlen verschiedener Quellen erleiden an der Oberfläche der Körper verschiedene Absorption; ein und derselbe diathermane Körper gestattet den verschiedenen Wärmestrahlen nicht gleich vollständig den Durchgang.

Diese Erscheinungen führen auf die Annahme verschiedener, den Farben des Lichtes entsprechender Wärmestrahlen von ungleicher Wellenlänge und Brechbarkeit.

(Farbige Wärme. Thermochrose.)
(**Nobili und Melloni, 1831. Knoblauch, 1845.**)

498 Die Wärmestrahlen sind der Doppelbrechung, Polarisation und Interferenz fähig. (**Forbes, 1835. Melloni, 1836. Knoblauch, 1848. Seebeck, 1849.**)

499 Der wärmste Theil des prismatischen Spectrums der Sonnenstrahlen fällt in das Roth, und dehnt sich noch über die Gränzen des sichtbaren Theils. Die Wärme erzeugenden Schwingungen erfolgen sonach zum Theil langsamer, als die das Roth hervorrufenden, und es entspricht ihnen eine grössere Wellenlänge und geringere Fortpflanzungs-Geschwindigkeit in zerstreuenden Mitteln. Dispersion der Wärmestrahlen. (**Herrschel, 1800. Seebeck, 1819. J. Müller, 1858.**)

Neunundvierzigstes Capitel.

Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

500 Die Körper dehnen sich bei Erhöhung ihrer Temperatur aus, und vermindern ihr Volumen bei der Abnahme derselben.

501 Die Ausdehnung starrer und luftförmiger Körper lässt sich nicht durch mechanische Mittel verhindern: es ist demnach die Dichtigkeit dieser Körper eine von der Temperatur abhängige Grösse (12).

502 Die Ausdehnung luftartiger Körper wird verhindert, sofern das einschliessende Gefäss genügende Festigkeit besitzt.

Ist freie Ausdehnung gestattet, so bleibt die Tension constant, während die Dichtigkeit abnimmt; im anderen Falle — bei unverändertem Volumen und constanter Dichte — wächst die Tension.

503 Das Maass der Ausdehnung innerhalb fest angenommener Temperaturen wird in einer Zahl, dem sogenannten Ausdehnungscoëfficienten niedergelegt. Diese Temperaturen sind in der Regel die sogenannten Fundamentalpunkte, der Schmelzpunkt des Eises und der normale Siedepunkt des Wassers.

504 Der Ausdehnungscoëfficient ist der Quotient der ursprünglichen Grösse in die beobachtete Grössenzunahme: die Grössenzunahme der Einheit. Er bezieht sich entweder auf die Linie oder die Fläche oder endlich auf Volumen, und lässt sich für letzteres ohne wesentlichen Fehler dreimal, für die Fläche doppelt so gross annehmen, wie für die Linie (13).

505 Die Grössenverhältnisse der Linien, Flächen und Volumen erhellen aus nachstehenden Gleichungen, in denen bezeichnet:

t und T die Temperatur nach **Celsius**,

$\frac{\alpha}{100}$ den Linearcoëfficienten für 1° **Celsius**,

$\frac{\beta}{100}$ „ Flächencoëfficienten „ „ „

$\frac{\gamma}{100}$ „ Volumencoëfficienten „ „ „

$$\frac{L_t}{L_T} = \frac{1 + \frac{\alpha t}{100}}{1 + \frac{\alpha T}{100}}; \quad \frac{F_t}{F_T} = \frac{1 + \frac{\beta t}{100}}{1 + \frac{\beta T}{100}}; \quad \frac{V_t}{V_T} = \frac{1 + \frac{\gamma t}{100}}{1 + \frac{\gamma T}{100}}$$

Die Ausdehnungscoëfficienten der Körper weichen unter einander bedeutend ab, nur die Gase zeigen einen gleichen Werth desselben, im Mittel 0,366 oder $^{11}/_{30}$ innerhalb des Fundamentalabstandes. 506

Das normale Volumen einer Luftart beträgt, sofern dasselbe bei B Millimeter Tension und T^0 Cels. $= V$ ist 507

$$V_0 = \frac{V.B}{(1 + 0{,}00366.T)\,760}$$

Die normale Dichte einer Luftart beträgt, falls die beobachtete Dichte bei t^0 und B Millimeter Tension gleich d gesetzt wird: 508

$$d_0 = \frac{d.760(1 + 0{,}00366.t)}{B}$$

Die Volumen gleicher Gewichte einer Luftart, gemessen bei t^0 und T^0 unter den entsprechenden Tensionen B_1 „ B_2 Millimeter bieten das Verhältniss: 509

$$\frac{V_t}{V_T} = \frac{(1 + 0{,}00366.t)\,B_2}{(1 + 0{,}00366.T)\,B_1}$$

und die Dichtigkeiten im gleichen Falle:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{(1 + 0{,}00366.T)\,B_1}{(1 + 0{,}00366.t)\,B_2}$$

Wird eine abgesperrte Luftmenge von t^0 Cels. und B Millimeter auf T^0 erwärmt, so steigert sich die Tension auf 510

$$\frac{B(1 + 0{,}00366.T)}{(1 + 0{,}00366.t)}$$

Wird die Ausdehnung der Körper innerhalb bestimmter Temperaturen als gleichmässig angenommen, was streng genommen bei starren und flüssigen Substanzen nie, vollständig bei Gasen richtig ist, so kann dieselbe bei der vergleichsweisen Messung der Wärme dienen. **Thermometer. (Renaldini, 1694.)** (14). 511

512 Die Grössendifferenz innerhalb der Fundamentalpunkte wird dann in gleiche Theile oder Grade getheilt, und nach der Anzahl derselben die Temperatur bestimmt. Der Ausdehnungscoëfficient für 1^0 ist gleich dem $n$ten Theile des für n Grade. **Réaumur** theilt den Fundamentalabstand in 80, **Celsius** in 100, **Fahrenheit** in 180 Theile. Erstere setzen an den Schmelzpunkt des Eises 0, Fahrenheit + 32, sonach Letzterer an den Siedepunkt + 212. Unter 0^0 werden die Grade stets negativ gezählt.

(Fahrenheit, 1724. Réaumur, 1730.)

513 Die Reduction der verschiedenen Thermometerscalen ergiebt sich aus dem Grössenverhältniss ihrer Grade.

$\pm\ 1^0$ Celsius $= \pm\ {}^4/_5{}^0$ Réaumur $= (32 \pm {}^9/_5)^0$ Fahrenheit.

$\pm\ t^0$ „ $= \pm \frac{t.4^0}{5}$ „ $= \left(32 \pm \frac{t.9}{5}\right)^0$ „

514 Luftarten und Flüssigkeiten sind, sowohl ihrer grösseren Ausdehnungscoëfficienten, als auch der gleichmässigen Ausdehnung wegen die geeignetsten thermometrischen Substanzen.

Luftthermometer sind die genauesten; Quecksilberthermometer werden am häufigsten für mittlere, Weingeistthermometer für niedere Temperaturen angewendet.

Funfzigstes Capitel.

Calorimetrie und Wärmecapacität.

515 Wärmeeinheit oder Calorie nennt man die Menge Wärme, welche im Stande ist, eine Gewichtseinheit Wasser um 1^0 der Thermometerscala, gewöhnlich nach Celsius, zu erwärmen.

516 Die Anzahl der in einer Wassermenge von beliebiger Temperatur enthaltenen Calories ist gleich dem Producte aus Gewicht und Anzahl der die Temperatur des Wassers bezeichnenden Grade (15).

517 Die Anzahl Calories, welche auf jede Gewichtseinheit Wasser kommt, ist die Temperatur desselben über 0^0.

Bezeichnet W die Anzahl Calories in der Wassermenge von p Gewichtseinheiten und T^0 Cels., so ist

$$pT = W, \text{ somit } \frac{W}{p} = T$$

518 Eine und dieselbe Menge Wärme ist nicht im Stande, die Temperatur gleicher Gewichte verschiedener Körper um die gleiche Anzahl

Grade zu erhöhen: die Körper besitzen verschiedene Wärmecapacität. (**Black, 1750.** (?))

Die Wärmecapacität eines Körpers, verglichen mit der des Wassers wird in einer Zahl, der sogenannten specifischen Wärme, niedergelegt. 519

Die specifische Wärme eines Körpers giebt die Anzahl Calories an, welche die Gewichtseinheit desselben bedarf, um 1^0 wärmer zu werden. 520

Das Product des Gewichtes eines Körpers in seine specifische Wärme heisst die wärmeäquivalente Wassermenge oder der Wasserwerth des Körpers, und sagt, wie viele Gewichtstheile Wasser erforderlich sind, den Körper der Wärme gegenüber zu vertreten. 521

Der Körper und sein Wasserwerth erlangen durch die gleiche Zahl Calories gleiche Temperatur.

Der Quotient des Wasserwerthes eines Körpers in die in letzterem vorhandene Wärmemenge ergiebt seine Temperatur über 0^0 522

$$p.s.T = W, \text{ sonach } T = \frac{W}{p.s}$$

Alle specifischen Wärmezahlen, mit einziger Ausnahme der des Wasserstoffs, sind ächte Brüche. 523

Das Wasser hat, jenen Körper ausgenommen, die grösste Wärmecapacität.

Die specifische Wärme eines Körpers wird mit zunehmender Temperatur grösser, und ist verschieden nach verschiedenen Dichtigkeits- Aggregat- und den sogenannten allotropischen Zuständen desselben. 524

Der Vergleich der Anzahl Calories in gleichen Raumtheilen des Körpers und Wassers von derselben Temperatur führt zu der relativen Wärme. 525

Die relative Wärme eines Körpers ist gleich dem Producte aus seiner specifischen Wärme in sein specifisches Gewicht.

Die Gase zeigen gleiche relative Wärme; es verhalten sich ihre specifischen Wärmen umgekehrt, wie die Dichtigkeiten. 526

(**Bérard, de la Roche, 1813**) (16).

Bei der Verdichtung eines Gases wird dem entsprechend die specifische Wärme desselben kleiner, bei Verdünnung grösser, es müssen sich daher die Gase beim Zusammenpressen erwärmen, bei der Ausdehnung erkälten. 527

Die specifische Wärme eines Gases, dessen Ausdehnung bei der Temperaturerhöhung verhindert wurde, also bezogen auf constantes Volumen, ergiebt einen kleineren Werth, als die desselben 528

Gases, welches sich dabei frei ausdehnen konnte, also bezogen auf constanten Druck.

529 Die specifischen Wärmen chemisch einfacher Körper verhalten sich umgekehrt, wie deren Aequivalente. (**Dulong und Petit, 1819.**)

Dasselbe gilt für zusammengesetzte Körper gleicher chemischer Constitution, für die Glieder der sogenannten isomorphen Reihen (17). (**Neumann, 1831. Regnault, 1841**).

530 Die Mischungstemperatur von Körpern gleicher Art ist, sofern Aenderungen des Aggregatzustandes nicht dabei zu berücksichtigen sind, gleich der Summe der vorhandenen Calories, dividirt durch die Summe der Gewichtseinheiten. (**Richmann's Regel, 1750.**)

531 Werden Substanzen verschiedener Art mit einander gemischt, und es findet ein Lösen, eine Aenderung des Aggregatzustandes und chemische Einwirkung nicht statt, so ist die Mischungstemperatur gleich der Summe der Producte aus Gewicht, Temperatur und specifischer Wärme der einzelnen Körper, dividirt durch die Summe der Wasserwerthe derselben.

532 Bezeichnen p_1; p_2 . . . . p_n das Gewicht der Körper
„ t_1; t_2 . . . . t_n die Temperatur der „
„ s_1; s_2 . . . . s_n die specif. Wärme der „
so ist die Mischungstemperatur ϑ

$$\vartheta = \frac{p_1 s_1 t_1 + p_2 s_2 t_2 + \ldots p_n s_n t_n}{p_1 s_1 + p_2 s_2 + \ldots p_n s_n} = \frac{\Sigma pst}{\Sigma ps}$$

Diese Gleichung geht für die Zahl von zwei Körpern, von welchen der eine Wasser mit der specifischen Wärme = 1 ist, über in

$$\vartheta = \frac{pt + p_1 sT}{p + p_1 s}$$

aus welcher sich dann ermittelt bei übrigens bekannten Werthen

$$T = \frac{p(\vartheta - t)}{p_1 s} + \vartheta$$

$$s = \frac{p(\vartheta - t)}{p_1 (T - \vartheta)}$$

Die Temperatur eines Körpers, dessen Gewicht und specifische Wärme bekannt sind, lässt sich aus der Temperaturerhöhung schliessen, welche er in einem bestimmten Wasserquantum hervorbringt.

533 Die specifische Wärme der Körper wird im Allgemeinen durch drei Methoden, gestützt auf folgende Sätze, bestimmt.

a. Gleiche Gewichte verschiedener Körper von der gleichen Temperatur schmelzen ungleiche Mengen Eis. Eiscalorimeter. (**Lavoisier und Laplace, 1780. Bunsen, 1870.**)

b. Gleiche Gewichte verschiedener Körper von derselben Temperatur erwärmen eine und dieselbe Wassermenge ungleich. (**Wilke, Crawford, Dulong** und **Petit, Neumann, Regnault.**)

c. Körper gleicher Temperatur und Grösse erkalten bei gleichartiger Oberfläche in Zeiten proportional ihrer relativen Wärme, oder:

Körper von gleichem Gewichte und gleicher Temperatur, künstlich mit gleicher Oberfläche versehen, erkalten in Zeiten proportional ihrer specifischen Wärme.

(**Tobias Mayer, 1796. Neumann, Regnault, 1844.**)

Einundfunfzigstes Capitel.

Das Schmelzen und die latente Wärme.

534 Eine und dieselbe Gewichtsmenge eines Körpers enthält bei gleicher Temperatur im starren, flüssigen und luftförmigen Zustande ungleiche Wärmemengen.

Die in dem Körper vorhandene, nicht fühlbare Wärme heisst latent, verborgen oder gebunden. (**Black, 1756.**)

535 Ein starrer Körper lässt sich als solcher nur bis zu einem bestimmten Grade erwärmen, bei weiterer Zuführung von Wärme wird er entweder zersetzt oder er ändert seinen Aggregatzustand; er wird flüssig — schmilzt, oder gasförmig — verflüchtigt sich.

536 Der Schmelzpunkt ist die Temperatur des Gemisches starrer und flüssiger Substanz, und nur bei dieser können beide Aggregatzustände gleichzeitig vertreten sein.

Der Schmelzpunkt eines Körpers ist constant (18).

537 Während des Schmelzens ändert sich durch die zugeführte Wärme nur der Aggregatzustand, nicht die Temperatur des Gemisches von starrer und flüssiger Substanz.

Die Temperatur erhöht sich von dem Augenblicke an, wo der Körper vollständig geschmolzen ist.

538 Die latente Schmelzwärme giebt die Anzahl Calories an, welche erforderlich ist, eine Gewichtseinheit des betreffenden Körpers von der Temperatur seines Schmelzpunktes in den flüssigen Zustand überzuführen — sogenannte kleine Zahl der Schmelzwärme —, oder auch: die latente Schmelzwärme giebt an, wie viele Gewichtstheile des ge-

schmolzenen Körpers um 1^0 über den Schmelzpunkt erwärmt werden können durch diejenige Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit des starren Körpers von der Temperatur des Schmelzpunktes in den flüssigen Zustand überzuführen vermag — sogenannte grosse Zahl der Schmelzwärme (20).

539 Das Product der grossen Zahl der Schmelzwärme in die specifische Wärme der flüssigen Substanz ergiebt die sogenannte kleine Zahl.

540 Bezeichnet p das Gewicht des starren Körpers,
„ s_1 die specif. Wärme des starren Körpers,
„ t „ Temperatur,
„ L „ grosse Zahl der Schmelzwärme,
„ s_2 „ specif. Wärme des geschmolzenen Körpers,
„ T „ Temperatur „ „ „
„ τ den Schmelzpunkt, so ist die in dem Körper enthaltene Wärmemenge, von 0^0 an gerechnet:

$$W = p\,[(\tau - t)\,s_1 + (L + T - \tau)\,s_2]$$

541 Bei der Auflösung starrer Körper wird Wärme latent, die Flüssigkeit kühlt sich ab. (Kältemischungen.)

542 Bei dem Erstarren geschmolzener Körper wird die latente Schmelzwärme wieder frei, die Temperatur einer Lösung steigt, wenn eine Ausscheidung des aufgelösten Körpers stattfindet.
(Erstarrungs-, Krystallisationswärme.)

543 Der Erstarrungspunkt geschmolzener Körper ist nicht constant, er hängt vielmehr von dem auf der Flüssigkeit lastenden Druck, von der Natur der Gefässwände etc. ab (19).

544 Ein geschmolzener Körper, welcher unter seinen Schmelzpunkt erkaltet ist, ohne zu erstarren, heisst überschmolzen. Er erstarrt, mit einem Stück der ungeschmolzenen Substanz in Berührung kommend, sofort, und das entstehende Gemisch von Starrem und Flüssigem zeigt die Temperatur des Schmelzpunktes.
(Fahrenheit, 1721.)

545 Fast alle Körper dehnen sich beim Schmelzen aus, und haben dem entsprechend im flüssigen Zustande ein geringeres specifisches Gewicht als im starren.

Eine wichtige Ausnahme macht das Wasser, welches seine grösste Dichtigkeit 4,1° Celsius über dem Schmelzpunkte hat, und daher im starren Zustande auf der Flüssigkeit schwimmt. (Deluc.)

546 Das Maass der Volumenänderung bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den starren Zustand wird Schwindmaass genannt;

es ist der Quotient des Volumens des flüssigen Körpers in das des starren, für beide gleiche Temperatur — die des Schmelzpunktes — vorausgesetzt. Dasselbe erreicht bei langsamer oder schneller Erstarrung verschiedene Werthe, je nach der Verschiedenheit des krystallinischen Gefüges oder allotropischen Zustandes des erstarrten Körpers.

Zweiundfunfzigstes Capitel.

Von den Dämpfen.

Dampf ist der luftförmige Aggregatzustand eines in 547
starrer oder flüssiger Form bekannten Körpers.

Der Uebergang aus dem starren oder flüssigen Zustande in den 548
luftförmigen kann bei jeder Temperatur stattfinden.

Die Dämpfe zeigen, wie die Gase, das Bestreben, sich frei auszu- 549
dehnen. Die Expansion oder Tension nimmt mit der Temperatur zu und ab.

Die Tensionszunahme der Dämpfe lässt sich zurückführen: 550

a. auf die Vermehrung der Expansion durch die Erwärmung im geschlossenen Gefäss;
b. auf die Vermehrung der Expansion durch die Vergrösserung der Dichtigkeit.

Letztgenannte Ursache ist überwiegend.

Die Tension und Dichtigkeit des Dampfes, welcher mit der 551
Substanz, aus der er sich gebildet, noch in Berührung ist, lässt sich durch Druckveränderung weder vermehren, noch vermindern: die Dämpfe folgen unter diesen Umständen dem Mariotte'schen Gesetze nicht.

Dampf, welcher die ihm für seine Temperatur zukommende Ten- 552
sion und Dichtigkeit zeigt, heisst gesättigt: er ist im Maximum seiner Tension. (Dalton, 1801.)

Die Tension und Dichtigkeit der gesättigten Dämpfe hängt 553
von der substantiellen Natur und der Temperatur ab. Dieselbe lässt sich empirisch bestimmen oder aus empirisch-abgeleiteten Formeln berechnen, welche jedoch allen Anforderungen der Genauigkeit noch nicht genügen (21).

Die Temperatur, bei welcher der gesättigte Dampf eines 554
Körpers die Tension einer Atmosphäre = 28 Pariser Zoll = 760 Millimeter zeigt, nennt man Siedepunkt des Körpers.

555 Dampf, welcher eine geringere Tension oder Dichtigkeit hat, als ihm seiner Temperatur nach zukommt, wird nichtgesättigt genannt, oder auch, da er wärmer ist, als er seiner Tension nach sein sollte, überhitzt.

Die Bildung überhitzter oder nichtgesättigter Dämpfe ist nur bei Mangel dampfbildender Substanz möglich.

556 Nichtgesättigte Dämpfe folgen dem Mariotte'schen Gesetz, wie die Gase, und dehnen sich wie diese durch die Wärme aus (22).

557 Werden gesättigte Dämpfe erkaltet oder auf ein kleineres Volumen gepresst, so scheidet sich dampfbildende Substanz aus, die Tension und Dichtigkeit der zurückbleibenden Dämpfe ändert sich aber nur dem Temperaturwechsel entsprechend.

558 Nichtgesättigte Dämpfe verwandeln sich bei entsprechender Verdichtung oder Erkaltung nach und nach in gesättigte, und scheiden weiterhin dampfbildende Körper aus.

(Faraday, 1823, Thilorier, Natterer.)

559 Die sogenannten coërciblen oder nichtpermanenten Gase sind demnach als nichtgesättigte Dämpfe zu bezeichnen.

560 Wird ein Dampf enthaltendes Gefäss an einer Stelle abgekühlt, so nimmt der eingeschlossene Dampf die Tension an, welche der Temperatur dieser Abkühlung zukommt.

(Princip der Condensation.) (James Watt, 1769.)

561 Die Condensation des Dampfes erfolgt am schnellsten durch Berührung desselben mit dem dampfbildenden Körper von etwas niedrigerer Temperatur. Es ist diese Erscheinung vergleichbar dem plötzlichen Erstarren eines überschmolzenen Körpers bei Berührung mit der ungeschmolzenen Substanz.

562 Die Dampfbildung an der Oberfläche eines Körpers wird Verdunstung, die aus dem Innern einer Flüssigkeit Sieden genannt. Bei letzterer Erscheinung verhält sich jeder Punkt des Innern wie ein an der Oberfläche liegender.

563 Das Verdunsten findet im leeren Raume momentan, im lufterfüllten nur nach und nach statt; es wird beschleunigt durch Vergrösserung der Oberfläche, Erhöhung der Temperatur, Zuführen dampffreier oder dampfarmer Luft und durch Entfernen der entstandenen Dämpfe durch Condensation oder Chemismus.

564 Soll eine Flüssigkeit sieden, so müssen die Dämpfe im Stande sein, vermöge ihrer Tension den auf die Oberfläche wirkenden Druck zu überwinden. Aus diesem Grunde ist die Temperatur des Siedepunktes

nur constant bei constantem Drucke, und die Erscheinung des Siedens kann bei jeder Temperatur eintreten.

Das Sieden einer Flüssigkeit erfolgt stossweise, wenn die wärmezuführende Bodenfläche des Gefässes gar nicht oder nur schwierig durch dieselbe benetzt wird, hingegen ruhig und regelmässig, sofern die Wärmeübertragung an vereinzelten Punkten — Ansatzpunkten — stattfindet. 565

Auf einer weit über die Temperatur des Siedepunktes erhitzten Fläche haftet der dampfbildende Körper nicht. Er nimmt ungefähr die Temperatur des Siedepunktes an, verdunstet stark an der Oberfläche und bewegt sich lebhaft, von einer Schicht seines eignen Dampfes getragen. 566

(Leidenfrost'scher Versuch, 1756. Boutigny's sogenannter sphäroidaler Zustand.)

Die Dichtigkeit der Dämpfe wird bezogen: 567

a. auf Wasser;
b. „ die dampfbildende Substanz;
c. „ Luft oder Wasserstoff von 0^0 und 760 Millim. Tension;
d. „ „ „ „ von der Temperatur und Tension des Dampfes.

Die normale Dichtigkeit besitzt der Dampf, sofern er für die Temperatur seines Siedepunktes gesättigt ist, also normale Tension zeigt. 568

Das relative Volumen eines Dampfes ist der Quotient des Volumens dampfbildender Substanz in das Volumen des daraus entstandenen Dampfes. Das relative Volumen ist normal, sofern der bezügliche Dampf, gesättigt, die Tension einer Atmosphäre besitzt. 569

Die normale Dichtigkeitszahl eines Dampfes steht im genauen Zusammenhange mit dem Molekulargewichte der Substanz: die Molekularvolumen der Dämpfe der einfachen Körper sind unter sich gleich, ebenso die der Dämpfe chemischer Verbindungen. 570

Mischen sich Dämpfe, welche nicht mit der dampfbildenden Substanz in Berührung sind, unter sich oder mit dampfbildender Substanz, ohne Condensation oder chemische Wirkung ein, mit Gasen, ohne dass Condensation eintritt, so wird die Tension jeder einzelnen Luftart, so wird die Dichtigkeit und Volumenvergrösserung entsprechender Luftart so gross, als der Volumen- 571

(Gay-Lussac, 1802. Dalton, 1803) (23).

(Diffusion der Dämpfe.)

Ist der Volumenvergrösserung dampfbildende Substanz vorhanden, so bleibt der Dampf bei der Volumenvergrösserung gesättigt, die Tension und Dichte desselben bleibt unverändert und addirt sich der Tension und Dichte eines anderen Dampfes oder der verminderten partiaren Tension und Dichte des Gases. 572

573 Wird eine Mischung von gesättigtem Dampfe und Gas comprimirt, so steigert sich Tension und Dichte nur nach Maassgabe der Aenderung, welche diese Grössen bei dem Gase erleiden, es sei denn, dass Temperaturerhöhungen dabei von Einfluss werden.

574 Gleiche Gewichte des dampfbildenden Körpers und des Dampfes enthalten bei derselben Temperatur ungleiche Wärmemengen: in dem Dampfe ist Wärme latent.

575 Die latente Wärmezahl giebt an, wie viele Gewichtseinheiten des dampfbildenden Körpers um 1^0 C. erwärmt werden können durch diejenige Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit desselben in Dampf von derselben Temperatur überzuführen vermag.

576 Die in einer Gewichtseinheit gesättigten Dampfes enthaltene Wärmemenge hängt nur von der substantiellen Natur desselben ab, und ist unabhängig von der Temperatur und Tension desselben. Mit steigender freier Wärme vermindert sich die latente, und umgekehrt (24).
(James Watt.)

577 Die latenten Wärmen der gesättigten Dämpfe verhalten sich umgekehrt, wie die specifischen Gewichte derselben. (Despretz, 1823.)
Gleiche Raumtheile gesättigter Dämpfe enthalten gleiche Mengen latente Wärme (25).

578 Ein Körper, welcher ohne Zufuhr von Wärme verdampft, kühlt sich ob der latent werdenden Wärme ab; und umgekehrt: bei der Condensation des Dampfes wird infolge des Wiederauftretens der latent gewesenen Wärme die Temperatur des sich ausscheidenden starren oder flüssigen Körpers höher, sofern diese Wärme nicht abgeführt wird. Verdampfungskälte.
(Eismaschine nach Carré. Dampfheizung.)

Dreiundfunfzigstes Capitel.

Hygrometrie.

579 Die Atmosphäre ist allerorts ein Gemisch von trockner Luft und Wasserdampf, selten aber ist der in ihr vorhandene Dampf gesättigt.

580 Die atmosphärische Luft heisst gesättigt, wenn der in ihr vorhandene Dampf diejenige Dichte und Tension besitzt, die ihm für seine Temperatur zukommt.

Das Gewicht des in der Cubikeinheit enthaltenen Wasserdampfes heisst „absoluter Wassergehalt" der Luft; der Quotient dieses Gewichts in das specif. Gewicht des gesättigten Dampfes für die Temperatur der Luft: relativer Wassergehalt. 581

Der relative Wassergehalt wird meist nach Procenten angegeben.

Durch Temperaturerniedrigung der Wasserdampf enthaltenden Luft vermindert sich die Tension desselben; der Dampf wird schliesslich gesättigt, eventuell theilweise flüssig. Bis zu diesem Zeitpunkte blieb der absolute Wassergehalt constant, der relative aber wuchs und erreichte zuletzt den Werth = 1 oder 100 Procent. 582

Durch Erhöhung der Temperatur der Luft steigert sich die Tension; der Dampf entfernt sich mehr und mehr von seinem Sättigungspunkte, und bei constantem absolutem Wassergehalte wird der relative kleiner. 583

Die Dichtigkeit des Wasserdampfs ist für die gleiche Tension und Temperatur stets wesentlich kleiner, als die der Luft, folglich erleidet eine mit Wasserdampf beladene Luft, gleiche totale Tension vorausgesetzt, in trockner Luft einen aërostatischen Auftrieb, grösser als ihr Gewicht: sie steigt aufwärts. Durch die damit verbundene Abkühlung nähert sie sich ihrem Sättigungspunkte; durch die in Folge der verminderten Tension in den höheren Luftschichten herbeigeführte Volumenvergrösserung entfernt sie sich von diesem. 584

Die Ausscheidung des Wassers erfolgt innerhalb der Luft in der Form von Nebelbläschen, welche, durch Flächencondensation schwerer werdend, herabsinken, entweder wieder verdunsten oder als Tropfen die Erde erreichen. Nebel, Wolken, Regen. 585

Die Ausscheidung des atmosphärischen Wassers an der Oberfläche starrer, unter den Sättigungspunkt erkalteter Körper erfolgt in Tropfen, und wird Thau genannt. 586

Erniedrigung der Lufttemperatur unter 0° bedingt entsprechend Bildung von Schnee, Eisregen, Graupeln, Schlossen, Hagel, oder von Duft, Reif, Glatteis. 587

Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der Luft heisst Hygrometrie; die bezüglichen Instrumente werden Hygroskope, Hygrometer, Psychrometer genannt. 588

Die wesentlichsten derselben gründen sich auf folgende Sätze:

a. Viele organische Körper: Haare, Membranen und daraus hergestellte Fäden — Darmsaiten, Fischbein, Pflanzenfasern etc. — schlagen aus der Luft auf sich Wasser nieder, und verändern dabei Form und Gefüge.

Haarhygrometer nach **Saussure, 1784.**
Fischbeinhygrometer nach **Deluc, 1773.**
Wettergeige.

b. Die Beobachtung der Temperatur, bei welcher ein von innen abgekühltes Glas- oder Metallgefäss mit Wasser beschlägt, giebt den Sättigungspunkt der Luft.
Thaupunkthygrometer nach **Daniell, 1820.**
Condensationshygrometer nach **Döbereiner, 1822, und V. Regnault.**

c. Die Eigentemperatur eines befeuchteten Thermometers ist um so niedriger, je schneller das Wasser von ihm aus in die Luft verdampft, je weniger gesättigt also diese ist.
Psychrometer nach **August, 1828.**

d. Wasserfreies Chlorcalcium, Schwefelsäurehydrat etc. verdichten den Wasserdampf der Luft durch Chemismus, die Gewichtszunahme derselben ergiebt den Wassergehalt der mit ihnen in Berührung gebrachten Luftmenge.
Gewichtshygrometer.

Vierundfunfzigstes Capitel.

Erzeugung der Wärme auf mechanischem Wege und mechanisches Aequivalent derselben.

589 Natürliche Wärmequellen sind die Fixsterne, namentlich die Sonne, die Planeten(?), das Erdinnere, der thierische Lebensprocess.

590 Wärme wird erzeugt durch Reibung, Stoss, Capillaranziehung etc. (mechanischer Weg), sowie durch Elektrizität.

591 Entsteht durch mechanische Kräfte Wärme, so ist zur Erzeugung einer bestimmten Menge derselben auch eine bestimmte Arbeit erforderlich.

592 Entsteht durch Wärme Arbeit, so wird die entsprechende Wärmemenge verbraucht und zum Verschwinden gebracht.
(J. R. Mayer, 1842. Joule, Clausius, 1853.)

593 Das Maass der durch die Wärmeeinheit erzeugten Arbeit oder der durch die Arbeitseinheit erzeugten Wärmemenge wird mechanisches Aequivalent der Wärme genannt. Dasselbe be-

trägt 424 Kilogramm-Meter, d. h. durch die Wärmemenge, welche 1 Kilogramm Wasser um 1^0 Cels. zu erwärmen vermag, wird das genannte Moment geleistet, oder umgekehrt: Wird eine diesem Momente entsprechende Arbeit verrichtet, so tritt eine Wärmemenge auf, welche 1 Kilogramm Wasser um 1^0 Cels. erwärmt.

Fünfundfunfzigstes Capitel.

Erzeugung der Wärme durch Chemismus.

591 Die chemische Verbindung der Körper unter sich ist stets von Wärmeentwickelung begleitet und bietet das beste und kräftigste Mittel zur Wärmeerzeugung.

593 Steigert sich die Wärmeentwickelung der Art, dass die Körper dabei erglühen, so wird der Vorgang Verbrennung genannt. Eine Flamme ist bemerkbar, wenn die bezüglichen Körper bei der Verbrennung flüchtig sind oder werden.

595 Fast alle für die Praxis wichtigen Verbrennungen finden bei der Verbindung der Körper mit dem Sauerstoff — dem sogenannten Oxydationsprocess — statt, und zwar immer unter Bildung flüchtiger Producte.

Wasserstoff verbrennt zu Wasserdampf;
Kohlenstoff zu Kohlenoxyd oder Kohlensäure;
Schwefel zu schwefeliger Säure.

597 Die durch den Chemismus entstandene Wärmemenge ist für die entstandene Verbindung eine Constante, nur abhängig von der substantiellen Natur der in Verbindung getretenen Körper und der entstandenen Verbindung.

598 Die entwickelte Wärmemenge ist dieselbe, mag sich die entstehende Verbindung durch einen einzigen Process oder eine Reihe derselben bilden. (**Thomsen, 1853.**)

599 Die Wärmemenge, welche bei der Entstehung einer Verbindung frei wird, ist gleich der, welche bei der Zersetzung dieser Verbindung in die früheren Bestandtheile wieder verschwindet.
(**Thomsen, 1853.**)

600 Die Anzahl der Calories, welche ein Aequivalent eines Körpers bei seiner Verbindung mit einem anderen entwickelt, wird calorisches Aequivalent genannt. (**Favre** und **Silbermann, 1853.**)

601 Verbrennungswärme wird die Anzahl Calories genannt, welche die Gewichtseinheit einer Substanz bei der Verbindung mit einer anderen erzeugt.

602 Absoluter Wärmeeffect ist die Verbrennungswärme bei der Verbindung eines Körpers mit dem Sauerstoff.

603 Verbrennungstemperatur ist die Temperatur der Verbrennungsproducte unter der Voraussetzung, dass die Verbrennungswärme lediglich zur Erhöhung der Temperatur der entstandenen Körper verwendet wird.

Sie ist gleich dem Quotienten des Wasserwerths der zu erwärmenden Körper in die Verbrennungswärme (26).

604 Pyrometrischer Wärmeeffect ist die Verbrennungstemperatur eines Körpers bei seiner Verbindung mit Sauerstoff.

605 Bei der Verbrennung der Körper in Luft ist auch der mit dem Sauerstoff zugeführte Stickstoff zu erwärmen, dessen Menge für jede Gewichtseinheit verbrauchten Sauerstoffs 3,313 Gewichtstheile beträgt. Dem entsprechend ist der pyrometrische Wärmeeffect der Brennmaterialien in der Luft wesentlich niedriger, als in Sauerstoff.

606 Die Verbrennungstemperatur steigert sich, wenn die Verbrennung im geschlossenen Raum — unter constantem Volumen — geschieht. Es kommen dann bei der Berechnung derselben die specif. Wärmezahlen für constantes Volumen an Stelle der für constante Tension in Betracht, entsprechend ein kleinerer Wasserwerth der Verbrennungsproducte (26).

607 Explosionstension nennt man die Tension, welche die luftförmigen Verbrennungsproducte unter der Voraussetzung annehmen, dass sie ohne Volumenänderung bis auf die Verbrennungstemperatur erwärmt werden.

Es ist dieselbe gleich dem Producte aus dem normalen Volumen der entstandenen Verbindungen in die Grösse

$$(1 + T.0{,}00366),$$

unter T die Verbrennungstemperatur verstanden.

Sechsundfunfzigstes Capitel.

Die Anwendung des Dampfes.

608 Die Anwendung des Dampfes, speciell des Wasserdampfes, gründet sich:

a. auf die Leichtigkeit, die Tension desselben zu steigern oder zu mindern,

b. auf die bedeutende latente Wärme desselben.

Er dient zur Erzeugung von Arbeit: als Motor, und zur Erwärmung starrer, flüssiger und luftförmiger Körper.

Bei der Verwendung als Motor wirkt er entweder: 609

a. auf starre bewegliche Wandungen: Kolben, die sich in Cylindern verschieben oder auch drehen können; oder

b. direct auf die Oberfläche der zu bewegenden Flüssigkeiten; oder endlich

c. stossartig gegen luftförmige Körper.

Bei der Erkältung des in einem geschlossenen Gefässe enthaltenen Dampfes vermindert sich die Tension schnell und beträchtlich: die Atmosphäre oder der unabgekühlte Dampf vermag dann durch Ueberdruck einen Kolben, einen Flüssigkeitsstrahl oder eine Luftmasse in das entstandene, sogenannte Vacuum zu treiben. 610

Atmosphärische Dampfmaschine. (**Newcomen** und **Cowley**, 1705.)

Condensations- oder Niederdruckmaschine. (**Dyonis Papin**, 1690. **James Watt**, 1769.)

Dampfsaugpumpe. (**Savery**, 1698.)

Dampfstrahlpumpe. (**Giffard**, 1859.)

Uebersteigt die Tension des Dampfes die der Atmosphäre, so vermag er durch den Ueberdruck: 611

a. einen Kolben gegen die Luft zu bewegen, oder

b. flüssige Körper in oben offenen Röhren zum Aufsteigen zu bringen, oder endlich

c. bei dem Austreten eine Stosswirkung auf die Luft auszuüben.

Hochdruckmaschine. (**James Watt**, 1769.)

Dampfhebepumpe. (**Salomon de Caus**, 1615.)

Dampfreactionsrad.

Bleibt der Kolbenraum einer Hochdruckmaschine nicht dauernd mit dem Dampferzeuger in Verbindung, wird ersterer vielmehr während der Bewegung des Kolbens abgesperrt, so arbeitet der Dampf durch eigne Expansion unter stetiger Verminderung derselben. 612

Expansionsmaschine. (**James Watt.**)

Bei der Verwendung des Dampfes zu Heizzwecken wird er entweder durch ein Röhrensystem und in Hohlgefässe geleitet, oder auch in directe Verbindung mit den zu erwärmenden Körpern gebracht. 613

Dampfheizung. Dampftrockenapparate. Kochen mit Dampf.

FÜNFTER ABSCHNITT.

LEHRE VOM MAGNETISMUS.

Siebenundfunfzigstes Capitel.

Vom Magnetismus im Allgemeinen.

614 Manche Stücke des natürlich vorkommenden Eisenoxyd-Oxyduls, Magneteisenstein genannt, sind durch die Eigenschaft ausgezeichnet, im Eisen und wenigen anderen Körpern charakteristische Anziehungs- und Abstossungskräfte hervorzurufen, sie wirken magnetisch.

615 Körper, welche diesem Einflusse unterliegen, heissen polarmagnetisch, alle anderen unmagnetisch.

Die bekanntesten polarmagnetischen Körper sind:

Eisen, Stahl, Nickel, Kobalt, Eisenoxyd-Oxydul, Chromoxyd-Oxydul, Magnetkies etc.

616 Behalten die polarmagnetischen Körper ihre magnetische Kraft auch nach Entfernen des erregenden Magneten, so werden sie magnetisirt genannt. Der bestmagnetisirbare Körper ist gehärteter Stahl, namentlich Wolframstahl.

617 Ein magnetisirter Stab zeigt in seiner Längsrichtung charakteristische Differenzen der magnetischen Kraft; dieselbe erreicht nahe den Enden ein Maximum und ist in der Mitte = 0.

Die Maximalpunkte der magnetischen Kraft werden Pole, die Verbindungslinie derselben wird Axe, der unmagnetische Punkt indifferenter Punkt genannt.

Die magnetische Axe fällt bei symmetrisch gestalteten Körpern mit der geometrischen Axe zusammen.

Magnete, welche mehr als zwei Pole zeigen, heissen anormal; die zwischen den beiden Hauptpolen liegenden Nebenpole: Folgepunkte. 618

Ein horizontal frei beweglicher Magnetstab stellt sich von selbst mit seiner magnetischen Axe nahezu in die Richtung der Nordsüdlinie. In Beziehung hierauf erhält der nach Norden liegende Pol den Namen Nordpol, bezeichneter, positiver Pol, der andere den Namen Südpol, negativer Pol. 619

Gleichnamige Pole stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. (**Hartmann, 1544.**) 620

Die magnetischen Anziehungs- und Abstossungskräfte verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen. 621

(**Coulomb, 1785.**)

Die Totalwirkungen zweier Magnete auf einander sind nahezu den dritten Potenzen der Entfernung umgekehrt proportional. 622

(**Gauss, 1833.**)

Die gegenseitige Einwirkung zweier Magnete ist von der substantiellen Natur des zwischen sie eingeschalteten unmagnetischen Körpers unabhängig. 623

Achtundfunfzigstes Capitel.

Magnetische Vertheilung.

Ein Magnetpol ruft in dem ihm zugekehrten Ende eines polarmagnetischen Körpers den entgegengesetzten, in dem abgewendeten den gleichnamigen Magnetpol hervor, ohne an Intensität zu verlieren. Diese Erscheinung wird magnetische Vertheilung oder Influenz genannt. 624

Die Stärke der Influenz ist abhängig von der polarmagnetischen Kraft des influirenden Körpers, von der substantiellen Natur des zu erregenden, von der gegenseitigen Entfernung, aber unabhängig von der zwischen beiden Körpern vorhandenen unmagnetischen Substanz. 625

Ein nicht magnetisirbarer Körper, wie das reine Eisen, enthält das Maximum seiner magnetischen Polarität momentan; magnetisirbare nur nach und nach. Anhaltendes Streichen in der gleichen Richtung, leichte Erschütterungen, Tordiren, Einschalten des zu 626

magnetisirenden Körpers zwischen die Pole kräftiger Magnete, sogenanntes Armiren desselben, befördern das Magnetisiren.

627 Jeder magnetisirbare Körper lässt sich nur bis zu einem gewissen Grade der Polarität bringen, Punkt der Sättigung genannt.

628 Zwischen der Torsion und der Stärke des Magnetismus findet ein eigenthümlicher Zusammenhang statt: ein gesättigter Magnet demagnetisirt sich durch Torsion, und magnetisirt sich wieder bei der Detorsion.

(Matteucci, 1847. Wertheim, 1852. Wiedemann, 1858.)

629 Der Magnetismus eines sogenannten Magneten nimmt durch die Torsion ab, wiewohl langsamer, als die Torsion steigt; die permanente Torsion nimmt mit bei dem Magnetisiren ab, wiewohl langsamer, als der Magnetismus wächst.

630 Wiederholte Torsionen im gleichen Sinne bewirken kaum eine weitere Abnahme des Magnetismus, im entgegengesetzten Sinne aber eine neue Verminderung; wiederholtes Magnetisiren im gleichen Sinne bewirkt kaum noch eine Schwächung der Torsion, wohl aber tritt eine solche bei dem Magnetisiren im entgegengesetzten Sinne auf.

631 Die Vereinigung mehrerer Magnete mit gleicher Richtung der Pole zu einem zusammenwirkenden Ganzen wird magnetisches Magazin, Lamellenmagnet genannt.

Neunundfunfzigstes Capitel.

Von der Coërcitivkraft.

632 Die Ursache der dauernden Polarität eines magnetischen Körpers wird Coërcitivkraft genannt.

Die Grösse derselben ist von der substantiellen Natur des Magneten und der Temperatur abhängig.

633 Die geringste Coërcitivkraft zeigt reines, sogenanntes weiches Eisen, die stärkste, ausser dem gewöhnlichen, vollkommen gehärteten Stahl und dem Wolframstahl, das Eisenoxyd-Oxydul.

634 Ein magnetischer Stahlstab wird beim Erwärmen schwächer magnetisch und verliert seinen Magnetismus bei Rothglühhitze vollständig. Nickel und Kobalt, an und für sich schwächer magnetisch, ändern ihren Zustand bei Temperaturwechsel weniger; letzteres ist noch bei Hellrothglühhitze magnetisch.

Sechzigstes Capitel.

Magnetismus der Erde.

Der Erdmagnetismus äussert sich in einer richtenden Kraft auf 635
einen freibeweglichen Magneten und in der Erzeugung von Magnetismus in polarmagnetischen Körpern. (**Gilbert, 1600.**)

Die wichtigsten Elemente des Erdmagnetismus sind: 636
a. die Stärke der Kraft, Intensität;
b. die Richtung derselben, bestimmbar durch Declination und Inclination.

Ein in der Horizontalebene frei beweglicher Magnetstab hat nur 637
eine Gleichgewichtslage, in welche er sich mit einer, dem Sinus des Ablenkungswinkels proportionalen Componente der erdmagnetischen Richtkraft einstellt.

Die durch die magnetische Axe des in der Gleichgewichtslage be- 638
findlichen Stabes gelegte Verticalebene heisst Ebene des magnetischen Meridians, und der Winkel, den die Horizontalprojection dieser Ebene mit der Nordsüdlinie einschliesst, Declination oder magnetische Abweichung. (**Andrea Bianco, 1436.**)

Die Declination wird östlich oder westlich genannt, je nach- 639
dem das Nordende des Stabes in dem östlichen oder westlichen Quadranten der Windrose liegt. (**Columbus, 1492.**)

Ein in der Ebene des magnetischen Meridians um seinen Schwer- 640
punkt beweglicher Magnetstab hat eine bestimmte Gleichgewichtslage, in welche er sich mit einer, dem Sinus des Ablenkungswinkels proportionalen Componente der erdmagnetischen Richtkraft einstellt.

Der Winkel, welchen die Axe für den Fall des Gleichgewichts mit der Horizontalebene bildet, heisst Inclination oder magnetische Neigung. (**Hartmann, 1544. Norman, 1580.**)

Ein vollkommen frei beweglicher, nur im Schwerpunkte un- 641
terstützter Magnetstab stellt sich in die Richtung des Inclinationsstabes.

Ein Magnetstab, drehbar um eine durch seinen Schwerpunkt ge- 642
hende, der Richtung der Inclination parallele Axe, erhält keine Richtkraft durch den Erdmagnetismus, und ist in jeder Stellung im Gleichgewicht. (Astatischer Magnetstab.)

Die Oscillationsdauer eines und desselben Declinations- oder Incli- 643
nationsstabes ist an verschiedenen Punkten der Erde verschieden: die

Intensität der erdmagnetischen Kraft ist nicht an allen Stellen der Erde dieselbe.

644 Auf einen Declinationsstab wirkt nur die Horizontal-Componente der erdmagnetischen Kraft, auf den Inclinationsstab die volle Intensität.

645 Ein schwingender Declinationsstab ist zur vergleichsweisen Messung der Intensitätsverhältnisse am besten brauchbar. Sind die Schwingungen desselben an verschiedenen Orten isochron, so sind die horizontalen Intensitätscomponenten gleich, im anderen Falle verhalten sich die letzteren wie die Quadrate der Schwingungszahlen in derselben Zeit.

646 Der Quotient des Cosinus der Inclination in die horizontale Componente der Intensität ergiebt die volle Stärke der erdmagnetischen Kraft (29).

647 Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher Intensität mit einander verbinden, heissen Isodynamen.

648 Die Intensität des Erdmagnetismus ist gegenwärtig im Wachsen begriffen; jedenfalls ist auch sie grösseren periodischen Aenderungen unterworfen, wenigstens wurden bis jetzt tägliche und jahreszeitliche Variationen beobachtet.

649 Die Declination, bald östlich, bald westlich, ist verschieden gross an verschiedenen Punkten der Erde, an manchen $= 0$.

Sie schwankt im Laufe von Jahrhunderten für jeden Ort zwischen einem östlichen und westlichen Maximum, und ist täglichen und jahreszeitlichen Veränderungen unterworfen, welche mit der scheinbaren Bewegung der Sonne zusammenhängen.

(Anders, Celsius, 1740.) (27.)

650 Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher östlicher oder westlicher Declination mit einander verbinden, werden Isogonen genannt; Agone oder Linie ohne Abweichung heisst diejenige, welche die Punkte der Declination 0 verbindet.

651 Die Inclination ist gleichfalls verschieden gross an verschiedenen Punkten der Erde. Sie ist eine nördliche auf dem grössten Theile der nördlichen Erdhälfte, südlich auf der Südhälfte derselben; sie nimmt mit der verticalen Entfernung von der Erdoberfläche ab, und ist ähnlichen Variationen, wie die Declination unterworfen (28).

652 Linien auf der Erdoberfläche, welche Punkte gleicher nördlicher oder südlicher Inclination mit einander verbinden, heissen Isoklinen. Dieselben laufen im Allgemeinen den Breitenkreisen parallel, und schliessen zwischen sich den sogenannten magnetischen Aequator, die Isokline von 0 ein.

Intensität, Declination und Inclination bilden die sogenannten magnetischen Elemente eines Ortes, vergleichbar der geographischen Höhe, Länge und Breite. (C. Hansteen, 1819.) 653

Einundsechzigstes Capitel.

Magnetische Instrumente.

Der Compass oder die Boussole ist eine Declinationsnadel, welche über einem getheilten, mit den Stundenzeichen oder der Windrose versehenen Kreise schwingt. Das Instrument dient, die Declination als bekannt vorausgesetzt, zur leichten Orientirung nach den Himmelsgegenden. 654

Die Diopterboussole, Markscheiderboussole und der magnetische Theodolit sind Boussolen mit mehr oder minder genauer Eintheilung des Winkelkreises, und dienen zur Bestimmung von Horizontalwinkeln. 655

Zur Beobachtung der Declination dienen: 656

a. die Declinationsboussole;
b. das Gauss'sche Declinatorium mit Spiegelablesung. 1832.

Zur Beobachtung der Inclination dienen: 657

a. das Inclinatorium, eine Inclinationsnadel, die vor einem in der Ebene des magnetischen Meridians stehenden, getheilten Kreise schwingt.
   Der Fehler, welchen die unvermeidliche Excentricität des Schwerpunktes verursacht, wird durch den Polwechsel des Magneten, das sogenannte Umlegen, ausgeglichen.
b. das Magnetometer, welches indirect zu dem gesuchten Werthe führt. (Lloyd, 1842.)

Zur Messung der Intensität dienen: 658

a. die Drehwage (Coulomb, 1784);
b. der schwingende Declinationsstab (W. Weber, 1836);
c. das Bifilarmagnetometer (Gauss, 1837).

SECHSTER ABSCHNITT.

LEHRE VON DER ELEKTRIZITÄT.

Zweiundsechzigstes Capitel.

Von der Elektrizität im Allgemeinen.

659 Alle Körper lassen sich in einen eigenthümlichen Zustand versetzen, welcher sich zunächst durch Anziehung und darauf folgende charakteristische Abstossung äussert, sie lassen sich elektrisch machen.

660 Der elektrische Zustand eines Körpers wird hervorgerufen durch Reibung, Stoss, Druck, Wärme, Berührung etc.

661 Die Ursache der elektrischen Erscheinungen wird in der Existenz eines eigenthümlichen, unwägbaren Fluidums, der Elektrizität, gesucht, dessen Theilchen sich gegenseitig abstossen, von den Molekülen des Körpers aber Anziehung erleiden.

662 Jedem Körper kommt von Natur aus eine bestimmte Menge dieses elektrischen Fluidums zu, und er ist in diesem Falle unelektrisch oder im elektrischen Gleichgewicht. Wird ihm aber Elektrizität zugefügt oder entzogen, so ist dieses Gleichgewicht gestört; der Körper sucht dasselbe wieder herzustellen, und wirkt deshalb auf andere ein, d. h. er zeigt elektrische Eigenschaften oder freie Elektrizität.

663 Die Körper sind entweder positiv, + elektrisch, oder negativ, — elektrisch, je nachdem ihnen Elektrizität zugeführt oder entzogen wurde. (**Franklin, 1755.**) (30.)

664 Gleichnamig elektrische Körper stossen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. (**Dufay, 1735.**)

Die elektrische Kraft wirkt in die Ferne, dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional. (**Coulomb, 1785 bis 1789.**)

Die freie Elektrizität sammelt sich nicht im Innern, sondern **665** auf der Oberfläche der Körper an. Nur auf der Oberfläche einer Kugel ist die Intensität derselben an allen Stellen gleich; an hervorragenden Theilen, wie Kanten, Ecken und Spitzen, ist dieselbe grösser, als auf minder hervorragenden. (**Coulomb, 1786.**)

Die Fähigkeit der Körper, die freie Elektrizität fortzupflanzen, ist **666** sehr verschieden. Man unterscheidet in Bezug hierauf:

Leiter oder Conductoren von
Nichtleitern oder Isolatoren.
(**Stephen Gray, 1720.**)

Die besten Leiter sind die Metalle, die schlechtesten Glas, Schwefel, Guttapercha, Hartgummi, die Harze, Seide, die Luftarten.

Die Körper zeigen für Wärme und Elektrizität gleiche Leitungsfähigkeit (31). (**Wiedemann** und **Franz, 1853.**)

Ein Leiter kann an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche **667** niemals verschieden elektrisch sein, und es genügt die momentane Berührung eines Punktes desselben mit der Erde, um ihn unelektrisch zu machen.

Ein Nichtleiter hingegen kann an verschiedenen Punkten verschiedene Elektrizität zeigen und nur dadurch unelektrisch gemacht werden, dass er an allen Punkten leitend berührt wird.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit freier Elektrizität in guten **668** Leitern ist ausserordentlich gross.

Wheatstone fand im Jahre 1834 dieselbe für den Kupferdraht ungefähr 60000 geographische Meilen in der Secunde (32).

Freie + Elektrizität eines Körpers wirkt anziehend auf die **669** — Elektrizität eines anderen, die Vereinigung beider lässt sich nur durch Einschaltung eines Nichtleiters verhindern.

Beide Elektrizitäten wirken dann, ihre gleiche Stärke vorausgesetzt, nur auf sich, nicht nach Aussen, sie sind gebunden.

Gebundene Elektrizitäten suchen sich gegenseitig auszuglei- **670** chen: elektrische Spannung. Dieselbe ist gleich dem Producte der sich spannenden Elektrizitätsmengen, dividirt durch das Quadrat des Abstandes.

Ein elektrischer Körper erregt in unelektrischen Störung des elek- **671** trischen Gleichgewichts: elektrische Vertheilung oder Influenz. (1756.)

Dreiundsechzigstes Capitel.

Reibungs-Elektrizität.

672 Durch Reibung der Körper wird das elektrische Gleichgewicht gestört, der eine wird +, der andere — elektrisch.

Sind die sich reibenden Körper Nichtleiter, so lässt sich das Auftreten der freien Elektrizität direct erkennen, bei Anwendung von Leitern aber ist das Isoliren derselben erforderlich.

Idioelektrische und anelektrische Körper.

(Gilbert, 1600.)

673 Das elektrische Gleichgewicht eines Körpers wird ferner gestört:

a. durch Mittheilung freier Elektrizität;

b. durch Vertheilung.

674 Berührt ein elektrischer Leiter einen unelektrischen, so verbreitet sich die Elektrizität über die Oberfläche beider, wobei sich die Intensität ungefähr in dem Maasse vermindert, als die Oberfläche grösser geworden ist. Demnach muss die Berührung des elektrischen Leiters mit der Erde eine Intensitätsverminderung auf (annähernd) 0 hervorbringen: ein elektrischer Leiter wird unelektrisch, wenn er mit der Erde in leitende Verbindung gesetzt wird.

675 Ein elektrischer Körper erregt in einem, von ihm durch Nichtleiter getrennten, unelektrischen Leiter Störung des elektrischen Gleichgewichts; das zugekehrte Ende wird ungleichnamig, das andere gleichnamig-elektrisch, die ungleichnamige Elektrizität wird gebunden, die gleichnamige abgestossen. Wird nun der so erregte Körper mit der Erde momentan in leitende Verbindung gesetzt und darauf der erregende Körper entfernt, so zeigt der früher unelektrische Leiter freie Elektrizität, erhalten durch Vertheilung.

676 Der Unterschied elektrischer Mittheilung und Vertheilung stellt sich übersichtlich dar wie folgt:

Bei Mittheilung.	Bei Vertheilung.
Der erregende Körper	
verliert an Intensität.	bleibt unverändet.
Die Elektrizität	
ist gleichnamig.	ist ungleichnamig.
Das Elektrisiren erfordert die Mitwirkung	
eines Leiters.	eines Nichtleiters.

Bei Mittheilung.	Bei Vertheilung.
Der zu elektrisirende Leiter muss	
immer isolirt bleiben.	während des Elektrisirens mit der Erde momentan in leitender Verbindung stehen.

Zwei gleich starke, aber ungleichnamig elektrische Körper werden 677
durch Austausch ihrer freien Elektrizitäten unelektrisch: es tritt eine Neutralisation oder Entladung ein.

Die Entladung wirkt mechanisch zerstörend, sie erregt Schall, 678
Wärme, Licht, Magnetismus, ändert die chemische Verwandtschaft etc. An der Gränze des Leiters und Nichtleiters tritt dabei der sogenannte elektrische Funke auf, eine von Geräusch begleitete Lichterscheinung. (**Wall, 1708. Hawksbee, 1709.**)

Die Entladung durch den lebenden Thierkörper erregt durch Er- 679
schütterung des Nervensystems Schmerz, und ruft bei entsprechender Stärke eine vollständige Lähmung und Betäubung hervor, welche den Tod zur Folge haben kann.

(Der elektrische Schlag, der Blitz.)

Die hierhergehörenden elektrischen Apparate zerfallen je 680
nach dem Zweck in verschiedene Abtheilungen.

Es dienen zur Erkennung des elektrischen Zustandes:
das elektrische Pendel (**Gilbert, 1600**);
das Elektroskop (**Bonelli, Volta, 1786. Bennet, 1789**).

Zur Maassbestimmung freier Elektrizität:
das Elektrometer (**Volta, 1788**);
die elektrische Drehwage (**Coulomb, 1785. Dellmann und Kohlrausch, 1848**).

Zur Erregung freier Elektrizität:
die Elektrisirmaschine (**Guericke, 1650** (?). **Planta, 1755**);
der Elektrophor (**Wilcke, 1762. Volta, 1775**);
die Hydro-Elektrisirmaschine (**Armstrong, 1840**);
die Influenzmaschine (**Holtz, Töpler, 1865**).

Zur Beobachtung und Hervorrufung gespannter Elektrizitäten:
der Condensator (**Volta, 1784**);
die Leydener oder Kleist'sche Flasche (**Kleist, 1745. Cuneus** in Leyden, **1746**);
die elektrische Tafel (**Franklin, 1747**);
die elektrische Batterie (**Franklin, Gralath**).

Zur Bestimmung der Stärke elektrischer Ladung:
die **Lane**'sche Flasche, **1776**;
das Elektro-Thermometer (**P. Riess, 1838**).
Zur Beobachtung der bei der Entladung auftretenden Erscheinungen:
Henley's und **Plettner's** Auslader;
Wheatstone's Kreisel und Drehspiegel;
Das elektrische Ei, **Geissler's** oder **Gassiot's** Röhren etc.

Vierundsechzigstes Capitel.

Die Elektrizität der Atmosphäre.

681 Die Atmosphäre befindet sich zu allen Zeiten im elektrischen Zustande; die Art und Intensität der freien Elektrizität ist veränderlich.

682 Die Ursache dieser Erscheinung, in aller Schärfe bisher noch nicht erkannt, wird hauptsächlich zurückgeführt auf:
a. die Verdampfung des Wassers;
b. die Bildung von Tropfen aus den Nebelbläschen;
c. den Temperaturwechsel der Luftschichten;
d. die Vegetation.

683 Die elektrischen Eigenschaften der Atmosphäre treten besonders hervor:
a. bei dem sogenannten St. Elmsfeuer;
b. „ „ Leuchten der Wolkenstreifen;
c. „ „ eigentlichen Wetterleuchten;
d. „ „ Gewitter;
e. „ den Tromben oder Wettersäulen.
Durch geeignete, empfindliche Apparate lässt sich das Vorhandensein und der Intensitätswechsel der freien Elektrizität jederzeit nachweisen. (**Dellman, 1853. Hankel, 1857.**)

684 Blitzableiter sind Vorrichtungen, durch welche eine successive Verminderung der elektrischen Spannung zwischen Wolken und Erde herbeigeführt und die plötzlich wirkende, zerstörende Entladung verhütet wird. (**Franklin, 1752.**)

685 Jeder Blitzableiter besteht in einem System unter sich gut verbundener metallischer Leiter, welche einerseits bis in die Grundwasserschicht des Bodens, anderseits über den höchsten Punkt des zu schützen-

den Gebäudes geführt worden sind und dort in Spitzen aus luftbeständigem Metall: Platin, Silber oder vergoldetes Kupfer, auslaufen. Alle in dem Gebäude vorhandenen grösseren metallischen Massen, wie z. B. Eindeckungen, Glocken etc., werden mehrfach in die Leitung eingeschaltet.

Fünfundsechzigstes Capitel.

Der elektrische Funke.

Die Dauer des elektrischen Funkens beträgt in gewöhnlicher Luft weniger als Ein Milliontel Secunde; alle nur durch ihn beleuchtete bewegte Körper erscheinen vollständig in Ruhe. **686**
(Wheatstone, 1834.)

Innerhalb Luftarten von geringer Tension wächst die Länge des Funkens — Schlagweite genannt — und seine Dauer; erstere ist, gleiche Umstände vorausgesetzt, der Dichtigkeit der Luftart umgekehrt proportional. **(Watson, 1751.)** **687**

Durch den absolut leeren Raum erfolgt die elektrische Entladung nicht: es tritt kein elektrischer Funke auf. **688**

Die Farbe des Funkens ist abhängig: **689**

a. von der substanziellen Natur der Leiter — Elektroden —, zwischen denen er sich bildet;
b. von der substanziellen Natur und Tension (Dichtigkeit) des Nichtleiters, in dem er sichtbar wird.

(Faraday, 1838.)

Der in Luftarten von geringer Tension auftretende Funke ist umgeben oder gebildet von einer eigenthümlichen Lichthülle, der sogenannten Aureole, deren Beschaffenheit einen Schluss auf die substanzielle Natur der bezüglichen Materie gestattet. **690**

Die Analyse des Lichtes lässt stets wenigstens zwei Spectren erkennen: **691**

a. das des ursprünglich schon luftartigen Körpers;
b. das der glühend gewordenen Dämpfe der Elektroden.

(Fraunhofer, 1815. Ångström, 1855.)

Das die Elektroden umhüllende, sogenannte Glimmlicht erscheint röthlich gefärbt am positiven, veilchenblau am ne- **692**

gativen Pole; die sogenannte Aureole zwischen den Elektroden meist geschichtet und in eigenthümlich schwingender Bewegung.
(**Grove, 1852. Du Moncel, 1853. Quet, 1858.**)

693 Die Aureole erleidet von den Polen eines Magneten Anziehung oder Abstossung, Aenderung ihrer Schichtung und ihres Bewegungszustandes.
(**Plüker, 1854. De la Rive, 1858. Du Moncel, 1860.**)
Sie stört den Gleichgewichtszustand einer empfindlichen Magnetnadel.

694 Der Blitz ist ein starker elektrischer Entladungsfunke innerhalb der atmosphärischen Luft von im Ganzen grosser Tension. Das Nordlicht ist möglicherweise eine Aureole an den äussersten Gränzen einer wasserdampffreien Atmosphäre.

695 Der Funke übt chemische und mechanische Wirkungen aus:
a. er zerlegt successiv zusammengesetzte Luftarten, in welchen er auftritt, z. B. Ammoniak, Chlorwasserstoff, Kohlensäure, etc.
b. er entzündet brennbare Gasgemische, z. B. Knallgas, Chlorknallgas, brennbare flüssige und starre Körper.
Eudiometer. Elektrische Zündmaschine.
(**Ludolf, 1744. Volta, 1777. Warltire, 1781.**)
c. er bedingt Oberflächenänderungen an Nichtleitern, längs deren er sich bewegt — Desaggregation.
(**Simon, 1808.**)
d. er zertrümmert Nichtleiter, durch welche er sich entladet.
(**Franklin. Symmer, 1759.**)

Sechsundsechzigstes Capitel.

Pyroelektrizität.

696 Manche krystallisirte Nichtleiter zeigen bei einseitiger Erwärmung freie, an einer Stelle +, an der anderen — Elektrizität, sie werden pyroelektrisch.
(**Aepinus, 1756. Hauy, 1801.**)

697 Der pyroelektrische Zustand ist nur so lange vorhanden, als die Temperaturdifferenz der verschiedenen Stellen des Krystalles.

698 Die Punkte, an welchen die Intensität der freien Elektrizität ihr Maximum erreicht, heissen Pole, die Verbindungslinie zweier entgegengesetzter Pole ist die elektrische Axe.

Pole, welche bei Erhöhung der Temperatur positive, bei Erniedrigung derselben negative Elektrizität zeigen, werden analog genannt; antiloge Pole zeigen bei Temperaturerhöhung —, bei Erniedrigung + Elektrizität. 699

(G. Rose, 1836. Hankel, 1841. P. Riess, 1843.)

Nur diejenigen Krystalle werden pyroelektrisch, deren Formen hemiëdrisch sind, oder welche an den Enden ihrer sogenannten krystallographischen Hauptaxe verschiedene Ausbildung, Hemimorphie, zeigen. 700

Unter den pyroelektrischen Mineralien treten besonders hervor: Turmalin, Borazit, Topas, Prehnit, Kieselzinkerz, Skolezit, Axinit. 701

Pyroelektrische organische Körper sind:
Rohrzucker, die Pasteur'schen Salze (traubensaures Natron-Ammon), weinsaures Kali etc.

Siebenundsechzigstes Capitel.

Berührungs-Elektrizität. Galvanismus.

Zwei heterogene Leiter gerathen durch Berührung in den elektrischen Zustand, zeigen gegen einander elektrische Differenz und sind nach der Trennung ungleichnamig elektrisch. 702

(Galvani, 1789. Volta, 1797.)

Die Grösse dieser Differenz ist unabhängig von der Berührungsdauer, von der Anzahl der Berührungspunkte, von der Grösse der sich berührenden Körper, und hängt einzig und allein von der substantiellen Natur der sich berührenden Leiter ab. 703

Die Ursache dieser Erscheinung wird elektromotorische Kraft genannt. Dieselbe ruft im ersten Augenblicke der Berührung die elektrische Differenz hervor und verhindert für die Dauer der Berührung die Ausgleichung. 704

Die sich berührenden Leiter heissen Elektromotoren; die besten Leiter, die Metalle, sind die kräftigsten Elektromotoren. 705

Die Elektromotoren werden der Art in eine Reihe gestellt, dass je ein Glied derselben durch Berührung mit dem vorhergehenden negativ, mit dem nachfolgenden positiv wird. (Elektromotorische Reihe.) 706

\+ Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen, Wismuth, Arsen, Antimon, Nickel, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Graphit, Coak, Braunstein —

707 Je grösser der Abstand zweier sich berührender Elektromotoren in dieser Reihe ist, desto stärker wirkt zwischen ihnen die elektromotorische Kraft und desto grösser wird die elektrische Differenz.

708 Die durch Berührung hervorgerufene Differenz ist für je zwei Glieder constant, und unabhängig davon, ob die Glieder sich direct oder durch andere Elektromotoren berühren.

Temperaturveränderungen schwächen oder verstärken die elektromotorische Kraft.

709 Die durch die elektromotorische Kraft hervorgerufene Differenz kann durch Zuführung freier Elektrizität nicht geändert werden, es verbreitet sich vielmehr die letztere gleichmässig über beide Elektromotoren.

710 Die elektromotorische Kraft zwischen Flüssigkeiten unter sich oder diesen und Metallen, ist verschwindend klein gegen die der letzteren unter sich.

711 Zwei Metalle, welche sich durch eine Flüssigkeit oder ein feuchtes Mittel berühren, werden gegen einander nicht elektrisch different: die Flüssigkeit hebt die elektromotorische Kraft auf. Freie Elektrizität, welche dem einen Metall zugeführt wird, verbreitet sich durch die Flüssigkeit sofort über das andere, so dass alle drei Körper gleichnamig und gleich stark elektrisch werden.

Flüssige Leiter werden unter Berücksichtigung dieser Erscheinungen, im Gegensatz zu den Metallen oder Elektromotoren, auch Leitern erster Classe, Elektroconductoren oder Leiter zweiter Classe genannt.

(Volta's Grundgesetze. **Fechner, 1838.**)

712 Durch systematische Aneinanderlagerung von je zwei Elektromotoren und einem Elektroconductor lässt sich die elektrische Differenz zwischen dem ersten und letzten Elektromotor vergrössern: die entstandene Differenz ist der Anzahl der elektromotorischen Paare proportional. (Volta'sche Säule, 1800.)

713 Eine isolirte Volta'sche Säule zeigt an ihren beiden Enden, den sogenannten Polen, freie ungleichnamige Elektrizität, und in der Mitte einen indifferenten Punkt, und ist somit einer geladenen Leydener Flasche zu vergleichen. Werden beide Enden oder Pole mit einander leitend verbunden, so tritt Entladung ein. Da aber die Quelle der elektrischen Differenz die Berührung der Elektromotoren unter sich, und diese andauernd ist, so findet auch die Entladung dauernd statt; es entsteht der sogenannte elektrische Strom (33).

Werden beide Pole einer Säule mit der Erde in leitende 714
Verbindung gebracht, so lässt sich entweder das zwischen den Polen eingeschaltete Erdstück als Leiter des Stromes betrachten, oder auch annehmen, dass von dem + Pole aus unausgesetzt Elektrizität in die Erde abfliesst und dieser einseitige Abfluss durch Zufuhr nach dem — Pole wieder ausgeglichen wird.

Die Pole laufen für diesen Fall schicklich in grössere Metallplatten aus, welche der besseren Leitungsfähigkeit wegen bis in die Grundwasserschicht der Erde versenkt werden.

Rückleitung des Stromes durch die Erde.

(Steinheil, 1838.)

Achtundsechzigstes Capitel.

Der elektrische Strom und Leitungswiderstand.

Die wichtigsten Elemente des Stromes sind Stärke oder 715
Intensität, und Richtung.

Die Intensität ist in allen Theilen der durchströmten unverzweigten Leitung die gleiche.

(Barlow, 1825. Fechner, 1831. Kohlrausch, 1849.)

Die ursprüngliche Stärke wird geschwächt durch den Widerstand, welchen die durchströmten Körper darbieten; die Richtung ist von Einfluss bei den durch den Strom hervorgerufenen physikalischen und chemischen Wirkungen.

Der Widerstand, welchen ein Körper der durch ihn strömenden 716
Elektrizität entgegenstellt, wird Leitungswiderstand genannt, und hängt sowohl von der substantiellen Natur, wie auch von der Temperatur, der Länge und dem Querschnitt des Körpers ab.

Jedem Körper kommt eine specifische Leitungsfähigkeit 717
zu, welche eine an und für sich constante, nur von der Temperatur abhängige Grösse darstellt.

Wird dieselbe mit K bezeichnet, so ist der specifische Leitungswiderstand:

$$W = \frac{1}{K}$$

Der Widerstand ist der Länge des Leiters direct, dem Querschnitt 718
desselben indirect proportional, so dass, bezeichnet $\frac{1}{K}$ den Widerstand

eines Leiters von der Länge und dem Querschnitt 1, der eines dergleichen von der Länge l und dem Querschnitt F somit ist:

$$\lambda = \frac{l}{KF}$$

719 Als Einheit des Widerstandes gelten:

1. der Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 Meter Länge und 1 □ Millim. Querschnitt (**Jacobi**);
2. der Widerstand eines Quecksilbercylinders von denselben Dimensionen (**W. Siemens**);
3. der Widerstand eines weichen Silberdrahtes von 1 Meter Länge und 1 Millim. Durchmesser (0,7854 Quadratmillim. Querschnitt).

Die Widerstände dieser drei Einheiten verhalten sich, den des Silbers = 1 gesetzt, wie 0,795 : 44,182 : 1.

720 Die Angabe des Widerstandes eines Stromleiters in Längen der als Einheit geltenden Widerstandsgrösse heisst: reducirte Länge.

$$\frac{l}{KF} = \lambda \text{ sagt z. B:}$$

Ein Leiter von dem Leitungsvermögen K, bezogen auf das des Silbers, der Länge l und dem Querschnitte F bietet denselben Widerstand, wie λ Längeneinheiten des normalen Silberdrahtes.

721 Werden dem Strome gleichzeitig mehrere Leiter dargeboten, so können dieselben entweder hintereinander oder nebeneinander durchlaufen werden, wobei im letzteren Falle eine Verzweigung des Stromes eintritt.

Bezeichnen λ_1, λ_2 und λ_3 die reducirten Längen, so ist der Widerstand der hintereinander verbundenen Leiter

$$W = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3, \text{ die Leitungsfähigkeit}$$

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3},$$

während bei den nebeneinander durchlaufenen Leitern die Leitungsfähigkeit

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}, \text{ somit der Widerstand}$$

$$W = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3}$$

722 Die Elektrizitätsmengen, welche für eine gegebene Stromstärke = S durch die nebeneinander liegenden, gleichzeitig durchströmten Leiter gehen, sind den Leitungsfähigkei-

ten direct, den Widerständen umgekehrt proportional, folglich ist das Verhältniss der durch den ersten Leiter strömenden Elektrizität auf die überhaupt vorhandene darstellbar durch die Gleichung:

$$\frac{s_1}{S} = \frac{\frac{1}{\lambda_1}}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{\lambda_1(\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3)}, \text{ also}$$

$$s_1 = \frac{S(\lambda_1 \lambda_3)}{(\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3)}, \text{ analog}$$

$$s_2 = \frac{S(\lambda_1 \lambda_3)}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3}$$

$$s_3 = \frac{S(\lambda_1 \lambda_2)}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3}, \text{ folglich}$$

$$s_1 : s_2 : s_3 = \lambda_2 \lambda_3 : \lambda_1 \lambda_3 : \lambda_1 \lambda_2,$$

in Worten:

Der Stromantheil, welcher einen Leiter durchfliesst, ist gleich dem Product der reducirten Längen der gleichzeitig mit ihm durchströmten Leiter.

723 Die Beziehungen zwischen der Stromstärke einerseits, der thätigen elektromotorischen Kraft und den zu überwindenden Widerständen andererseits, drücken sich durch das sogenannte Ohm'sche Gesetz folgendermaassen aus:

Die Stromstärke ist gleich der Summe der wirkenden elektromotorischen Kräfte, dividirt durch die Summe aller Leitungswiderstände.

$$S = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \ldots e_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots \lambda_n} = \frac{\Sigma e}{\Sigma \lambda}$$

(G. S. Ohm, 1826.)

724 Der Widerstand der geschlossenen Säule setzt sich zusammen aus den Widerständen, welche innerhalb und ausserhalb derselben zu überwinden sind.

Der innere Widerstand umfasst den der elektromotorischen Platten und der erregenden Flüssigkeiten, der äussere hingegen den, welchen die ausserhalb durchströmten metallischen oder nichtmetallischen Leiter entgegenstellen.

725 Bezeichnet λ_i die reducirte Länge des inneren Widerstandes, λ_a „ „ „ „ äusseren „

so drückt sich die Stromstärke eines Plattenpaares, dessen elektromotorische Kraft gleich e ist, durch die Gleichung aus:

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$

726 Ist der äussere Widerstand wesentlich kleiner, als der innere, so lässt er sich ohne wesentlichen Fehler gegen diesen letzteren vernachlässigen, und die oben gegebene Gleichung:

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$ geht dadurch über in

$$S = \frac{e}{\lambda_i}$$

727 Durch Vermehrung der elektromotorischen Paare wächst sowohl die elektrische Differenz, als auch der Widerstand innerhalb der Säule; die Gleichung für die Stromstärke geht, n Glieder angenommen, über in

$$S = \frac{ne}{n\lambda_i + \lambda_a}$$

oder vielmehr, da der Werth λ_a jetzt um so leichter vernachlässigt werden kann, in

$$S = \frac{ne}{n\lambda_i} = \frac{e}{\lambda_i}$$

in Worten:

Bei Anwendung eines Schliessungsleiters von kleinem Widerstande lässt sich die Stromstärke durch Vermehrung der elektromotorischen Paare nicht vergrössern.

728 Wird für den erläuterten Fall durch Vergrösserung der Oberflächen der elektromotorischen Platten der Querschnitt des feuchten Leiters vergrössert, so vermindert sich der innere Widerstand; er erhält für die neue Plattengrösse F den Werth $\frac{\lambda_i}{F}$, und die Gleichung:

$$S = \frac{e}{\lambda_i}$$ geht über in $$S = \frac{e}{\frac{\lambda_i}{F}} = \frac{Fe}{\lambda_i}$$

in Worten:

Die Stromstärke wächst bei verschwindend kleinem äusseren Widerstande mit Vergrösserung der elektromotorischen Platten.

(Sogenannte Quantität des Stromes.)

729 In ähnlicher Art kann der Fall eintreten, dass der äussere Widerstand viel beträchtlicher als der der flüssigen Leiter der Kette ist, und der letztere ohne wesentlichen Fehler gegen den ersteren vernachlässigt werden darf.

Die Gleichung für die Stromstärke bei n elektromotorischen Paaren von der Grösse F

$$S = \frac{ne}{\frac{n\lambda_i}{F} + \lambda_a} \text{ geht dann über in } S = \frac{ne}{\lambda_a}$$

in Worten:

Die Stromstärke wächst mit Vermehrung der Paare, und nicht durch Vergrösserung derselben.

(Sogenannte Intensität des Stromes.)

730 Das Maximum der Stromstärke tritt ein, wenn der Leitungswiderstand innerhalb der Kette gleich dem des Schliessungsleiters, also an allen Punkten des vom Strome zurückgelegten Weges derselbe ist, somit, da

$$S = \frac{ne}{\frac{n\lambda_i}{F} + \lambda_a} = \frac{neF}{n\lambda_i + \lambda_a F}$$

für den Fall, dass

$$n\lambda_i = \lambda_a F$$

gemacht wird.

731 Für den Fall, dass aus einem gegebenen Plattenpaar, dessen Stromstärke durch die Gleichung

$$S = \frac{e}{\lambda_i + \lambda_a}$$

darzustellen, n Elemente construirt werden, drückt sich die neue Stromstärke aus

$$S_n = \frac{ne}{n^2\lambda_i + \lambda_a}$$

weil der innere Widerstand jedes einzelnen Paares ob der Verkleinerung n mal so gross wurde, ausserdem aber n Paare vorhanden sind.

Die Stromstärke erreicht ihr Maximum, wenn

$$n^2\lambda_i = \lambda_a,$$

sonach ist

$$n = \sqrt{\frac{\lambda_a}{\lambda_i}},$$

in Worten:

Bei gegebenem Plattenmaterial und feuchtem Leiter ist, sofern die Wirkung die günstigste werden soll, n so gross zu nehmen, dass die Anzahl der Plattenpaare möglichst nahe der Zahl der Einheiten kommt, welche die Wurzel aus dem inneren Widerstand des grössten darstellbaren Elementes in den gesammten äusseren Widerstand ergiebt.

732 Aus derselben Gleichung für das Maximum der Stromstärke resultirt

$$S = \frac{ne}{n^2\lambda_i + \lambda_a} = \frac{ne}{2n^2\lambda_i} = \frac{e}{2n\lambda_i}$$

Die Stromstärke einer Kette von n Paaren ist gleich der elektromotorischen Kraft eines Paares, dividirt durch den doppelten inneren Widerstand desselben.

Neunundsechzigstes Capitel.

Von den Wirkungen des Stromes im Allgemeinen.

733 Die Wirkungen des elektrischen Stromes sind:

a. physikalische,
d. h. Erregung von Wärme, Licht, Magnetismus, Elektrizität etc.;
b. chemische;
c. physiologische.

734 Bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft ist die gesammte im Stromkreise erzeugte Wärmemenge der Stromstärke proportional.

735 Die in einem Stromleiter frei werdende Wärmemenge ist proportional dem Quadrate der Stromstärke, dem Leitungswiderstande und der Zeit, während welcher der Strom wirkt; es ist also, Gleichheit der Stromstärke vorausgesetzt, gleichgültig, ob der Draht eine geringe oder grosse Länge besitzt. (**Lenz, 1844. Joule, 1848.**)

736 Dünne und kurze Drähte werden dem entsprechend am höchsten erwärmt: in dem dünnen Drahte ist der Widerstand grösser, und die Verkürzung bedingt durch Verminderung des Widerstandes eine vermehrte Stärke des Stromes.

737 Drähte von gleicher Beschaffenheit erglühen in Gasen von verschiedener specifischer Wärme bei derselben Stromstärke ungleich; die Leuchtkraft eines in Folge durchströmender Elektrizität glühenden Körpers hängt sonach noch von der Beschaffenheit der Umgebung ab. (**Bunsen, 1857.**)

738 Die magnetischen Wirkungen bestehen in einer Richtkraft auf bewegliche Magnete und der Erregung von Magnetismus in polarmagnetischen Körpern.
(Elektromagnetismus.) (**Oerstedt, 1820. Arago, 1820.**)

739 Elektrische Wirkungen sind die Erregung von Momentanströmen in geschlossenen Leitern, und einer elektrischen Spannung in offenen dergleichen. (Induction.) (**Faraday, 1831.**)

Die chemischen Wirkungen sind: 740

a. Zerlegung chemisch zusammengesetzter, flüssiger Leiter;
b. Bildung neuer Verbindungen;
c. Fortführung der Zersetzungsproducte.

(Elektrolyse.) (**Carlisle** und **Nicholson, 1800. H. Davy, 1807. Faraday, 1834.**)

Die physiologischen Wirkungen bestehen in der Erregung des Nervensystems im Körper lebender und frisch getödteter Thiere. 741

Siebenzigstes Capitel.

Elektromagnetismus.

Eine astatische Magnetnadel stellt sich mit ihrer magnetischen Axe rechtwinklig gegen die Richtung des Stroms und tritt, sofern der Querschnitt des Stromleiters kreisförmig gedacht wird, als Tangente dieses Kreises auf. (**Oerstedt, 1820. Ampère, 1820.**) 742

Denkt man sich mit dem Kopf gegen den positiven Pol, mit den Füssen gegen den negativen Pol der Säule gekehrt, so dreht sich der Nordpol einer vor das Gesicht gehaltenen Magnetnadel nach rechts. 743

Da angenommen wird, der Schliessungsdraht einer Säule werde in der Richtung vom positiven zum negativen Pole derselben durchströmt, so läuft im genannten Falle der Strom vom Kopfe des Beobachters nach den Füssen.

Die magnetischen Wirkungen treten in einer gegen die Stromrichtung normalen Ebene auf: in diese Ebene fällt die Axe des erregten Magnetismus. 744

Ein kreisförmiger Strom erzeugt die magnetische Axe in Richtung einer zur Kreisebene senkrechten Linie. 745

Die magnetische Axe eines spiralförmigen Stromes fällt mit der Axe der Spirale zusammen.

Bei der rechtsgewundenen Spirale liegt der Nordpol der entsprechenden Magnetaxe am Austrittsende des Stromes, dem sogenannten negativen Ende der Spirale; bei der linksgewundenen am Eintrittsende des Stromes, dem positiven Ende der Spirale. 746

Der magnetische Einfluss einer Spirale ist unabhängig von der Weite der Windungen, aber direct proportional der Anzahl derselben, und der Stromstärke. 747

Das Product der Anzahl der Windungen einer Spirale in die Stärke des sie durchkreisenden Stroms wird magnetisirende Kraft der Spirale genannt. (**Lenz** und **Jacobi, 1838.**)

748 Jeder durch den Strom zu magnetisirende Körper erreicht ein bestimmtes, dem Querschnitte des stabförmig gedachten Körpers proportionales Maximum von Magnetismus, welches sich durch Vermehrung der magnetisirenden Kraft der angewendeten Spirale nicht überschreiten lässt. (**J. Müller, 1850.**)

749 Der Magnetismus des weichen Eisens erlischt momentan mit dem Aufhören der magnetisirenden Kraft.

Stromunterbrechender Hammer. (**Neeff, 1839.**)

Bei Anwendung eines stahlartigen Eisens verbleibt ein Theil des Magnetismus durch die Coërcitivkraft als dauernde Polarität.

Elektromagnete. (**Sturgeon, 1825.**)

750 Ein Declinationsstab lässt sich durch einen in der Ebene des magnetischen Meridians wirkenden Strom niemals um volle 90^0 ablenken; der Winkel der Ablenkung giebt ein Mittel an die Hand, die Stromstärke vergleichend zu messen.

Die Stromstärke ist proportional der Tangente des Ablenkungswinkels.

Tangentenboussole. (**Pouillet, 1822.**)

751 Vermag ein in der Ebene des abgelenkten Declinationsstabes wirkender Strom keine Ablenkung mehr hervorzubringen, so ist die Wirkung desselben der zur magnetischen Gleichgewichtslage führenden Componente der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus gleich, und es ist die Stromstärke durch den Sinus des Ablenkungswinkels messbar.

Sinusboussole. (**Pouillet, 1837. Poggendorff, 1840.**)

752 Die Grösse der Ablenkung eines Magnetstabes ist unabhängig von der Weite der Windungen, aber proportional der Anzahl derselben.

Elektromagnetische Schleife. (**Schweigger, 1821.**)

Multiplicator. (**Poggendorff, 1821.**)

753 Das Magnetisiren des weichen Eisens durch eine Spirale ist oft von eigenthümlichen Tönen begleitet, welche durch longitudinale Schwingungen entstehen.

(**Marrian, 1844. Wertheim, 1848.**)

Das Telephon nach **Reiss, 1861.**

Einundsiebenzigstes Capitel.

Elektrolyse.

Der durch einen flüssigen, chemisch zusammengesetzten Leiter gehende Strom wirkt zersetzend auf denselben ein. 754

(**Nicholsen** und **Carlisle, H. Davy.**)

(Siehe §. 740.)

Diese Erscheinung wird Elektrolyse, der sich zersetzende Körper Elektrolyt genannt.

(**Faraday's** Nomenclatur, **1834.**)

Die in das Elektrolyt tauchenden Enden oder Pole der Stromleiter heissen Elektroden; das positive Ende: Anode, das negative: Kathode. 755

Das Verhältniss der Oberflächengrösse der Elektrode zur Stromstärke wird in einer Zahl: Dichtigkeit des Stromes niedergelegt. 756

Dichtigkeit des Stroms wird der Quotient der Oberfläche der Elektrode in die Stromstärke genannt.

Das Elektrolyt spaltet sich unter dem Einflusse des Stroms in die Jonen, und zwar in einen positiven Theil, welcher sich zur Kathode begiebt, das Kation, und in einen negativen, zur Anode gehenden, das Anion. 757

Körper, im starren Zustande nichtleitend, sind im flüssigen Zustande leitend, und dann als Elektrolyt einschaltbar. 758

Die Gewichte der in gleichen Zeiten zersetzten Elektrolyte sind der Stromstärke proportional. 759

Die Einheit des elektrischen Stroms ist diejenige Menge strömender Elektrizität, welche in der Zeiteinheit 1 Cubikcentimeter Knallgas von normalem Volumen zu entwickeln, oder, was dasselbe ist, 0,53650 Milligr. Wasser zu zersetzen vermag. 760

Voltameter.

Wird ein und derselbe Strom gleichzeitig durch verschiedene Elektrolyte geleitet, so sind die Gewichte der in gleichen Zeiten zersetzten Elektrolyte den Aequivalenten derselben proportional. 761

Elektrolytisches Gesetz. (**Faraday, 1834.**)

Die Zersetzung ist entweder eine primäre oder eine secundäre. 762

Bei der ersteren ist jedes der beiden Jonen direct durch die Elektrolyse entstanden, bei der letzteren haben die Jonen chemisch auf das Elektrolyt eingewirkt.

763 Die Elektrolyse von Metalllösungen wird in der Technik zur Bildung einer festhaftenden Metallschicht auf einer der Elektroden, oder zur Herstellung eines genauen Abdruckes einer als Elektrode dienenden Form benutzt.

Galvanisches Vergolden, Versilbern etc.
Galvanoplastik. (**Jacobi, 1838. Elkington.**)

764 Bei der Elektrolyse zeigt sich häufig eine Wanderung der Flüssigkeit zwischen den Elektroden, eine Ueberführung derselben von einer zur anderen.

765 **Hittorf** erklärt diese Erscheinung durch eine ungleich schnelle Bewegung der auftretenden Jonen; **Wiedemann** nimmt eine mechanische Ueberführung der Jonen durch eine, auf die elektrische Anziehung folgende Abstossung an.

766 Die Flüssigkeiten wandern bei dieser Ueberführung durch endosmotische Scheidewände oder Diaphragmen von der Anode zur Kathode.

Bei Anwendung einer und derselben Flüssigkeit wächst die übergeführte Menge mit dem Leitungswiderstande, und ist der Stromstärke proportional. (**Wiedemann, 1852.**)

767 Die Ueberführung von Flüssigkeiten durch Diaphragmen unter Anwendung mechanischer Kräfte erzeugt einen gleichgerichteten elektrischen Strom.

Diaphragmenströme. (**Quincke, 1859.**)

Zweiundsiebenzigstes Capitel.

Polarisation.

768 Metalle von gleicher Beschaffenheit wirken gegeneinander elektromotorisch, wenn sie in verschiedene Flüssigkeiten oder Gasarten tauchen. (**H. Davy, 1801.**)

Platin, Eisen etc. in Salpetersäure ist negativ gegen solches im Wasser, in verdünnter Schwefelsäure etc.

Platin im Sauerstoff ist negativ gegen solches im Wasserstoff. (**Grove, 1839.**)

769 Zwei gleichartige, in Wasser tauchende Elektroden, an und für sich nicht gegen einander elektromotorisch wirkend, erlangen diese Eigenschaft von dem Augenblicke an, wo ein Strom durch sie gegangen ist und die verschiedenen Jonen ihre Oberfläche bedecken.

Ladungsstrom. (**Gautherot, 1802** [?]. **Ritter, 1803.**)

Der Ladungsstrom ist dem erzeugenden Strom entgegengesetzt und an und für sich von kurzer Dauer. 770

Die Elektromotoren einer geschlossenen Säule sind da, wo sie den feuchten Leiter berühren, als Elektroden zu betrachten; der ursprüngliche Strom wird nach und nach durch den Ladungsstrom geschwächt.

Die berührten Erscheinungen werden unter dem Namen Polarisation zusammengefasst. Es ist dieselbe, im engern Sinne, das Auftreten neuer, den ursprünglichen entgegenwirkender elektromotorischer Kräfte an den metallischen Gliedern der Säule. 771

Die Ohm'sche Gleichung geht unter Berücksichtigung der Polarisation aus dem Werthe: 772

$$S = \frac{e_1 + e_2 + \ldots e_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots \lambda_n}$$

über in

$$S = \frac{(e_1 + e_2 + \ldots e_n) \pm p_1 + p_2 + \ldots p_n)}{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots \lambda_n}$$

Die Stromstärke einer geschlossenen Säule wird ausserdem geändert durch die Veränderung des Leitungswiderstandes des feuchten Leiters in Folge der elektrolytischen Zersetzung und damit verbundenen Ausscheidung der Jonen, welche die elektromotorischen Platten bedecken. Uebergangswiderstand. (De la Rive.) 773

Dreiundsiebenzigstes Capitel.

Die verschiedenen Formen der Stromerreger.

Zwei durch einen feuchten Leiter getrennte Elektromotoren bilden eine offene, und im Falle sie sich metallisch berühren, eine geschlossene einfache Kette, ein Element, einen Stromerreger oder Rheomotor. 774

Ist der feuchte Leiter eine Flüssigkeit, in welche die Platten tauchen, so heisst die Kette Trog- oder Becherapparat. 775

Corona di tazze. (Volta, 1800.)

Grössere Platten werden in diesem Falle U-förmig gebogen oder zur Spirale gerollt angewendet.

Wollaston's Element, Hare'sche Spirale, Calorimotor oder Deflagrator.

Sollen die Platten eines Elementes in verschiedene Flüssigkeiten tauchen, so werden letztere durch poröse Scheidewände 776

aus Leder, Thierblase, Pergamentpapier, Pappe, gebranntem Thon etc. getrennt und so vor allzuschnell eintretender Vermischung bewahrt.

777 Bei Anwendung geeigneter Flüssigkeiten lässt sich nicht nur die elektromotorische Kraft der Platten vergrössern und der Widerstand des feuchten Leiters vermindern, sondern auch die bei der Schliessung auftretende Polarisation vernichten.

Ein derartig construirtes Element heisst constant, und erzeugt einen Strom von nahezu unveränderlicher Stärke.

778 Die bekanntesten constanten Elemente sind:

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol. (**Daniell, 1836. Becquerel, 1842.**)

Zink in Lösung von Bittersalz gegen Kupfer in einer Lösung von Kupfervitriol, ohne poröse Scheidewand. (**Meidinger, 1859.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Platin in concentrirter Salpetersäure. (**Grove, 1839.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in concentrirter Salpetersäure. (**Bunsen, 1842.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Gusseisen in einer Mischung von concentrirter Schwefel- und Salpetersäure. (**Hawkins, 1840.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in einer Mischung von Schwefelsäure und einer Lösung von rothem chromsauren Kali. (**Bunsen, Buff.**)

Zink in verdünnter Schwefelsäure gegen Coak in einer Lösung von Eisenoxydsulfat. (**Guignet.**)

Der elektrolytisch ausgeschiedene Sauerstoff wandert in diesen Elementen an das Zink, und bildet damit ein in der Schwefelsäure lösliches Oxyd. Der Wasserstoff wandert an den anderen Elektromotor, und wird dort durch die Metalllösung, oder die Salpetersäure, oder endlich die Chromsäure beseitigt.

779 Zink gegen Coak, beide in Lösung von Quecksilbersulfat. (**Marié-Davy.**)

Zink in Kochsalzlösung gegen Silberchlorid. (**Pincus.**)

Zink in Salmiaklösung gegen Coak in Berührung mit Braunstein. (**Leclanché.**)

Zink in Salmiaklösung gegen Kupfer in Berührung mit Kupfercarbonat. (**J. Ney.**)

Zink in Kochsalzlösung gegen Antimon in verdünnter Schwefelsäure. (**R. Böttger.**)

Bei diesen Combinationen entsteht Zinkchlorid unter Ausscheidung der Metalle, welche in der, mit dem negativen Elektromotor in Berührung befindlichen Lösung enthalten sind. Nur die letzte macht eine Ausnahme; hier bildet sich Zinksulfat neben Antimonchlorid.

Die systematische Zusammenstellung mehrerer Elemente oder Becher wird Batterie genannt. Dieselbe erfolgt der Art, dass das positive Metall des einen Bechers mit dem negativen des nächsten verbunden ist, oder auch, dass die gleicherregenden Elektromotoren verschiedener Becher vorher behufs Herstellung einer grösseren Oberfläche zu einem einzigen leitend verbunden werden. 780

Die beiden Endglieder der Reihe bilden die Pole der offenen Kette, und sind in dieser als Elektromotoren unwirksam. Das negative Metall ist der positive Pol, die Anode, das positive der negative Pol oder die Kathode.

Der Strom läuft innerhalb der Kette von dem positiven Metall durch die Flüssigkeit zum negativen, und von letzterem durch den äusseren Leiter zum positiven Metall zurück. 781

Eine Batterie eigenthümlicher Art ist die trockne oder **Zamboni**'sche Säule (1812), bestehend aus einzelnen verschiedenen Metallfolien, welche, auf Papierscheiben befestigt, einander metallisch berühren. Es zeigen diese Säulen im offenen Zustande an den Enden Polarität, geben aber, ihres grossen Leitungswiderstandes wegen, keinen bemerkbaren Strom. 782

Mit Goldblatt-Elektroskop und Condensator combinirt, bilden sie das **Bohnenberger**'sche oder **Fechner**'sche Elektroskop. (1815, 1829.)

Vierundsiebenzigstes Capitel.

Elektrische Apparate.

Der Rheostat dient dazu, den Strom innerhalb einer Leitung dauernd in unveränderlicher Stärke zu halten. Er besteht in einem Leitungsdraht von grossem Widerstand, der Art montirt, dass die Länge des vom Strome durchflossenen Theils mit Leichtigkeit geändert und durch das dadurch veränderte Leitungsvermögen den verstärkend oder schwächend wirkenden Einflüssen nachgegeben werden kann. (**Jacobi, 1842. Wheatstone.**) 783

Sind die eingeschalteten Längen des Widerstandsdrahtes ablesbar, so wird der Rheostat zum Rheometer.

(Rheochord von **Poggendorff.**)

Der Stromwender, Rheo- oder Gyrotrop dient zur bequemen und schnellen Aenderung der Richtung eines Stromes in einem bestimmten Theile der Leitung. (**Dujardin, Reusch, Rhumkorff.**) 784

785 Der Pachytrop ist dazu bestimmt, Elemente in sich wechselnd zu verbinden, der Art, dass sie, den Anforderungen des Ohm'schen Gesetzes entsprechend, nach Willkür ein einziges oder mehrere von verschiedener Oberflächengrösse darstellen. (Bothe.)

786 Der Commutator dient dazu, schnell auf einander folgende, in ihrer Richtung wechselnde Ströme in einer und derselben Richtung durch einen Leiter zu führen.

Demselben Zwecke dient der Disjunctor. (Dove.)

787 Die Wippe ist ein Apparat, welcher ermöglicht, die Elektroden einer geschlossenen Säule als solche auszuschalten und als Erreger des Stromes wirken zu lassen. (Poggendorff.)

788 Der Umschalter dient dazu, Ströme nach Willkür in einzelne Theile einer Leitung zu bringen, oder einzelne Leitungen unter sich zu verbinden.

789 Der Morse'sche Schlüssel oder Taster gestattet, einen Strom nach Willkür auf längere oder kürzere Zeit durch eine bestimmte Leitung zu führen, gleichzeitig aber einen anderen Strom, welcher in der Ruhestellung des Apparates ungehindert durch diese Leitung gehen kann, von ihr fern zu halten. Er findet seine Anwendung fast ausschliesslich in der Telegraphie.

790 Die elektro-thermische Lampe besteht aus einer Spirale aus feinem Platindraht, welcher, von einem constanten Strome durchflossen, eine constante Wärmequelle darstellt. (Tyndall.)

791 Die elektrische Lampe besteht in einer Vorrichtung, durch welche ein Kohlenspitzenpaar dauernd in der Entfernung gehalten wird, dass der elektrische Lichtbogen ununterbrochen zwischen ihnen zur Ausbildung gelangt. Die Correction der Entfernung erfolgt unter Anwendung eines Regulators, d. h. eines Triebwerks und geeigneter Elektromagnete. (Duboscq, Foucault, Serrin.)

792 Das elektrische Chronoskop dient zur Markirung bestimmter Zeitmomente oder zur Messung kleiner Zeiträume und besteht in der Regel aus einer sich schnell drehenden Walze, auf deren Oberfläche durch die Einwirkung des elektrischen Stromes sichtbar bleibende Zeichen hervorgebracht werden können.

In ähnlicher Art lassen sich Apparate herstellen, welche den Standpunkt beweglicher Körper in bestimmten Zeitmomenten markiren oder fortwährend registriren. Registrirapparate.

793 Die elektrische Uhr ist ein Uhrwerk, welches mittelst des elektrischen Stromes in einem synchronischen Gange mit einer Normaluhr erhalten wird. Der Strom kann dabei entweder nur dazu dienen,

die kleinen Gangdifferenzen auszugleichen, welche stets zwischen Uhren stattfinden, oder auch als eigentliche Triebkraft Verwendung finden.

Die Uebertragung mechanischer oder chemischer Wirkungen in die Ferne mittelst elektrischer Ströme wird elektrische Telegraphie genannt; sie muss als wichtigste und ausgedehnteste Anwendung der Elektrizität bezeichnet werden. 794

Fünfundsiebenzigstes Capitel.

Thermoelektrizität.

Werden zwei heterogene Metalle zu einem Bogen zusammengestellt und an den Berührungsstellen eine Temperaturdifferenz hervorgerufen, so durchläuft den Bogen ein sogenannter thermoelektrischer Strom. (**Seebeck, 1822.**) 795

Die genannte Vorrichtung heisst thermoelektrisches Element; eine Combination derselben im Sinne der Volta'schen Säule thermoelektrische Säule oder Batterie.

Die Stärke des thermoelektrischen Stroms ist von der substantiellen Natur der sich berührenden Metalle und der Temperaturdifferenz der Berührungsstellen abhängig. 796

Die thermoelektrische Kraft ist das Resultat der Verschiedenheit der elektromotorischen Kräfte der sich berührenden Metalle bei verschiedenen Temperaturen. Sie ist gering, und die durch sie hervorgerufenen elektrischen Ströme vermögen grosse Leitungswiderstände nicht zu überwinden. 797

Die thermoelektrische Spannungsreihe enthält nur Metalle; sie ist eine andere, als die elektromotorische, und wechselt in ihren Gliedern mit der Temperatur. (**Hankel, 1839.**) 798

Sie zeigt bei geringen Temperaturdifferenzen als Endglieder:

\+ Tellur, Antimon, Eisen ..... Nickel, Quecksilber, Wismuth —

Die bekanntesten thermoelektrischen Combinationen sind: 799

Wismuth gegen Antimon. (**Seebeck.**)
„ „ Kupfer. (**Seebeck.**)
„ „ Argentan (**Marcus.**)
„ „ Tellur. (**Bunsen.**)
Kupferkies „ Pyrolusit. (**Bunsen.**)

800 Eine vielzählige thermoelektrische Säule bildet in Verbindung mit einem guten Multiplicator das geeignetste und empfindlichste Instrument zur Messung von Temperaturdifferenzen, und eignet sich vor Allem zur Untersuchung der thermochromatischen Erscheinungen. (**Nobili's** und **Melloni's** Thermomultiplicator, 1831.)

801 Wird durch ein thermoelektrisches Element ein Strom geleitet, so entsteht an den Berührungsstellen eine Temperaturdifferenz im Sinne derjenigen, durch deren Vorhandensein ein gleichgerichteter Strom hervorgerufen würde. (**Peltier, 1834.**)

Ein Trevelyan-Instrument geräth durch den Strom in Bewegung. (**Rollmann, 1858.**)

Sechsundsiebenzigstes Capitel.

Elektrodynamische Erscheinungen.

802 Ein beweglicher Stromleiter erleidet magnetische Anziehung und Abstossung und unterliegt dem Einfluss des Erdmagnetismus. (**Ampère, 1820.**)

803 Ein magnetischer Nordpol übt auf einen rechtslaufenden Kreisstrom (Bewegung im Sinne des Uhrzeigers) eine Anziehung, der Südpol eine Abstossung aus, und umgekehrt.

804 Die magnetische Kraft eines Kreisstromes ist dem Flächeninhalt des umströmten Kreises proportional.

805 Ein im Innern einer Stromspirale freibeweglich aufgehangener Magnet ist im Gleichgewicht, wenn sein indifferenter Punkt mit dem Mittelpunkte der Spirale zusammenfällt, und sein Nordpol dem Südende der Spirale zugewendet ist. Ein vollkommen beweglicher Magnetstab legt sich fest an die Windungen der Spirale, und sein indifferenter Punkt bleibt mit dem Mittelpunkt derselben in einer zur Axe normalen Ebene.

806 Eine freibewegliche Stromspirale stellt sich mit ihrer Axe in die Ebene des magnetischen Meridians und zeigt die Erscheinung der Inclination. (**Ampère's** Solenoid.)

807 Die Wechselwirkung zwischen Stromleiter und Magnet bedingt in den meisten Fällen nur eine Drehung in den Gleichgewichtszustand. Wirkt aber der Magnet einseitig, unipolar, auf den Stromleiter, so tritt eine continuirliche Bewegung, eine Rotation ein. (**Faraday, 1821. Davy, 1823. Barlow, 1825.**)

Stromleiter wirken auf einander abstossend oder anziehend, je nach der Richtung des Stromes. 808
(Elektrodynamische Wirkung.) (**Ampère, 1820.**)

Die Intensität der elektrodynamischen Wirkung ist proportional dem Producte der Stromintensitäten und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. 809

Sind die Ströme Kreisströme, so ist die elektrodynamische Wirkung proportional dem Producte der umströmten Kreisflächen, und umgekehrt proportional der dritten Potenz des Abstandes ihrer Mittelpunkte. 810

Ströme, welche parallele Leiter durchfliessen, verstärken oder schwächen sich, wenn eine Näherung, respective ein Entfernen stattfindet. 811
(**W. Siemens.**)

Die auf einander folgenden Theile eines vom Strome durchflossenen geradlinigen Leiters stossen sich ab. 812

Parallele geradlinige Ströme ziehen einander an, wenn sie gleichgerichtet, und stossen sich ab, wenn sie entgegengesetzt gerichtet sind. 813
(Elektrodynamisches Paradoxon.) (**Ampère.**)

Zwei sich kreuzende Ströme wirken an den Stellen auf einander anziehend, wo sie von einem Punkte auslaufend oder nach demselben hinlaufend erscheinen, und stossen sich an den anderen Stellen ab. 814

Gleichgewundene Spiralen stossen sich ab, wenn der Strom an derselben Seite eintritt, und wirken im entgegengesetzten Falle anziehend auf einander. 815

Gleichnamige Enden der Spiralen stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an. 816

Die Windungen einer elektrischen Spirale ziehen einander an, und dieselbe verkürzt sich, wenn die Steifigkeit überwunden werden kann. 817
(Stromunterbrechende Spirale.) (**Roget, 1835.**)

Zwei in einander liegende Spiralen sind im labilen Gleichgewicht, wenn die Axen und Mittelpunkte zusammenfallen. 818

Siebenundsiebenzigstes Capitel.

Ampère's Theorie des Magnetismus.

819 Die polarmagnetischen Körper sind im unmagnetischen Zustande von verschieden gerichteten Elementarströmen umflossen, welche sich unter einander in ihren magnetischen Wirkungen aufheben, und dadurch den unmagnetischen Zustand bedingen.

820 Durch magnetisirende Einflüsse werden diese Elementarströme einander mehr oder minder gleichgerichtet, und lassen dann den Körper magnetisch erscheinen.

821 Die Coërcitivkraft ist das Vermögen der Körper, die Ströme in der zuletzt vorhandenen Lage zu erhalten. Körper, welche Coërcitivkraft besitzen, werden schwieriger magnetisch, aber auch schwerer wieder unmagnetisch.

822 Die Erde wird von Strömen umkreist, welche, den Isoklinen ungefähr parallel laufend, von Osten nach Westen gerichtet sind, also der scheinbaren Bewegung der Sonne folgen.

Achtundsiebenzigstes Capitel.

Induction durch elektrische Ströme.

823 Das plötzliche Auftreten und Verschwinden eines elektrischen Stromes bedingt in benachbarten Leitern eine Störung des elektrischen Gleichgewichts. (Induction.)

824 Die Erscheinungen der Induction sind:

a. der elektrische Rückschlag, eine Folge vorangegangener elektrischer Vertheilung;

b. ein Neben- oder Inductionsstrom.

(**Faraday, 1831.**)

825 Der Nebenstrom, auch inducirter oder secundärer Strom genannt, tritt in einem geschlossenen Leiter — am besten einer vielgewundenen Spirale — auf, ist von momentaner Dauer und überwindet mit Leichtigkeit grosse Leitungswiderstände.

826 Der Nebenstrom ist beim Auftreten des erregenden diesem entgegengesetzt, beim Verschwinden desselben diesem gleichgerichtet.

827 Bei dem Schliessen einer Kette durch lange, am besten spiralförmig gewundene Leitungen inducirt der auftretende Strom in seinem eignen Stromleiter einen ihm entgegengesetzten, ihn schwächenden Nebenstrom; bei dem Oeffnen einen gleichgerichteten, demnach verstärkend wirkenden, sogenannten Extrastrom.

(Jenkin, 1835. Masson, 1837.)

828 Zur Erzeugung von inducirten Strömen dienen die sogenannten Inductions-Apparate oder Inductoren, in ihrer Construction wesentlich verbessert durch E. Stöhrer und Rhumkorff.

Jeder Inductor besteht aus folgenden Theilen:

1. der inducirenden Spirale, zur Aufnahme des Hauptstromes bestimmt;
2. dem Stromunterbrecher oder Interruptor, gewöhnlich ein Neef'scher Hammer, oder ein Quecksilberinterruptor nach der Construction von Foucault und Rhumkorff;
3. dem Condensator, einer grossen Franklin'schen Tafel, deren Belege mit den Polen der erregenden Batterie leitend verbunden sind (Fizeau);
4. der Inductionsrolle, deren Enden mit einem Auslader versehen sind.

829 Der Condensator ladet sich bei dem Unterbrechen und entladet sich bei dem Schliessen des Stroms; unter seinem Einfluss erfolgt das Aufhören des Stroms wesentlich schneller, und verstärkt sich der Schliessungsfunke.

830 An den Enden der Inductionsrolle treten Spannungserscheinungen und Funkenentladungen auf, wie bei einer Leydener Flasche; im Momente der Erregung des Inductionsstromes wird das eine Ende +, das andere — elektrisch und die Ausgleichung dieser elektrischen Spannung erfolgt entweder durch die Luft oder, sofern dies unmöglich, rückwärts durch den Draht selbst. (Sinsteden, 1845.)

831 Die Schlagweite des inneren Endes ist stets geringer, als die des äusseren; sie nimmt an beiden zu, wenn das eine in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt wird.

832 Seiner Fähigkeit wegen, grössere Leitungswiderstände zu überwinden, wird der inducirte Strom zur Hervorbringung physiologischer Wirkungen, zu Heilzwecken etc. benutzt.

833 Ein sehr langer, mit isolirender Hülle umgebener, in einer leitenden Substanz liegender Stromdraht, lässt sich einer Leydener Flasche vergleichen. Es treten, sofern durch ihn die Kette geschlossen wird, Ladungserscheinungen ein, welche die Wirkungen momentaner Schlies-

sung und Oeffnung der Kette selbst vernichten, und alle auf häufige Stromunterbrechung basirten Apparate unwirksam machen.
(Schwierigkeit des Telegraphirens durch lange unterseeische Leitungen.)

Neunundsiebenzigstes Capitel.

Induction durch Magnete, Magnetoelektrizität.

834 Das plötzliche Auftreten oder Verschwinden magnetischer Polarität ruft in benachbarten Leitern einen momentanen Strom hervor.
(Magnetoelektrizität.) (**Faraday, 1831.**)

835 Der beim Auftreten des Magnetpoles inducirte Strom ist entgegengesetzt dem, welcher, für sich vorhanden, den betreffenden Pol erzeugen würde; diesem letzteren aber gleichgerichtet beim Verschwinden des Magneten.

836 Durch Näherung eines Nordpoles wird derselbe Strom hervorgerufen, wie durch Entfernung des Südpoles, und umgekehrt.

837 Die Stärke des inducirten Stromes hängt im Wesentlichen von der Entfernung und Stärke des Magneten, sowie von der Anzahl der Windungen der Inductionsspirale ab.

838 Werden die beiden Enden eines hufeisenförmigen Ankers von weichem Eisen mit gleichgewundenen Spiralen umgeben, und in demselben durch Drehung vor einem Hufeisenmagneten die Pole gewechselt, so entstehen nach einander vier Ströme, von denen immer zwei auf einander folgende gleichgerichtet sind.

Durch Anwendung eines Stromwenders lassen sich diese Ströme innerhalb eines eingeschalteten Leiters als gleichgerichtet herstellen.
(Magnetoelektrische Maschine.)
(**Pixii, 1832. Saxton, 1836. Petrina. Ettinghausen. Stöhrer. Siemens, 1857.**)

839 Die zweckmässigste Lage des Inductionsdrahtes ist die, dass derselbe bei seiner Bewegung gegen die Pole eines (Lamellen-) Magnets der Ebene der magnetischen Axe stets normal bleibt.
(Inductor nach **W. Siemens.**)

840 Durch schnellere Umdrehung lässt sich die Stromstärke im Allgemeinen vergrössern, dieselbe erreicht aber zuletzt ein Maximum, bedingt durch die Coërcitivkraft des Ankers.

Die durch Drehung des Inductors hervorgerufenen Ströme können dazu dienen, den Magnetismus des Erregers zu verstärken; es steigert sich dem entsprechend wieder die Intensität der Inductionsströme. Letztere sind dann als Erzeugniss geleisteter Arbeit anzusehen: mechanische Kraft ist in Elektrizität umgesetzt worden. 841

Elektrodynamische Maschinen.
(**W. Siemens, Wilde, Ladd, 1865 — 1867.**)

Eine über einem guten Leiter schwingende Magnetnadel inducirt in demselben Ströme und kommt dadurch schneller zur Ruhe. 842
(**Arago, 1825.**)

Die Drehung eines Leiters in der Nähe eines beweglichen Magneten stört das Gleichgewicht desselben und bringt seine Drehung im gleichen Sinne hervor. Ebenso lässt sich durch Drehung eines Magnetstabes ein beweglicher Leiter in Rotation versetzen. 843
(Rotationsmagnetismus.) (**Arago, 1825.**)

Schnell bewegte Leiter werden dabei, sofern der Magnetstab unbeweglich ist, warm; eine zwischen den Polen eines Magneten rotirende Metallscheibe steigert ihre Temperatur wesentlich, und es ist zu ihrer Temperaturerhöhung eine Vermehrung der Arbeit erforderlich, welche der erzeugten Wärme entspricht. 844
(**Joule, 1843. Foucault, 1855.**)

Achtzigstes Capitel.

Diamagnetismus.

Erleidet ein Körper von jedem Magnetpole Anziehung, so heisst er polarmagnetisch, wird er nur von einem Pole angezogen, von dem anderen aber abgestossen, magnetisirt. 845
Körper, welche von beiden Polen Abstossung erleiden, werden diamagnetisch genannt. (**Faraday, 1845.**)

Diamagnetische Körper, welche freibeweglich zwischen den Polen eines starken Magneten aufgehangen sind, stellen sich mit ihrer kürzesten Dimension in die Ebene der magnetischen Axe desselben. 846

Diamagnetische Stäbe stellen sich sonach rechtwinklig gegen die Verbindungslinie beider Magnetpole; sie nehmen eine sogenannte äquatoriale Lage an. (**Faraday.**) 847

848 Die besten Diamagneten sind:
Wismuth unter den starren Körpern (**Brugmans, 1778**);
Wasser und Alkohol unter den flüssigen Körpern;
Wasserstoff und Stickstoff unter den luftförmigen Körpern.

849 Das Sauerstoffgas ist bei der gewöhnlichen Temperatur polarmagnetisch, verliert diese Eigenschaft beim Erwärmen nach und nach, und zeigt bei hoher Temperatur Diamagnetismus.
Ausserdem sind Stickoxydgas und die Dämpfe der salpetrigen Säure als polarmagnetische Luftarten zu nennen. (**Faraday, 1847.**)

850 Die Flammen zeigen diamagnetische Eigenschaften und erleiden von den Polen eines Magneten Abstossung. (**Bancalari, 1848.**)

851 Krystalle, welche nicht dem Regulärsysteme angehören und nicht polarmagnetisch sind, nehmen zwischen den Polen eines starken Magneten eine bestimmte Stellung an.
Die Lage der Polar- und Aequatorial-Linie lässt dabei bestimmte Beziehungen zu den Richtungen gleicher Elasticität, den sogenannten Krystallaxen, zu. Krystallmagnetismus.
(**Plücker, 1847. Faraday, 1849. Knoblauch** und **Tyndall, 1850.**)

852 Jeder diamagnetische Körper erhält unter dem Einflusse des Magneten Pole, allein es zeigen dieselben eine gerade entgegengesetzte Lage von denen des polarmagnetischen; den Polen des inducirenden Magneten sind nicht die ungleichnamigen, vielmehr die gleichnamigen Pole zugewendet. (**W. Weber, 1848. Plücker, 1849.**)

853 Unter dem Einfluss des Magnetismus werden einfach brechende Körper doppelbrechend. (**Faraday, 1845.**)

854 Optisch neutrale Flüssigkeiten werden durch Einfluss umkreisender Ströme circular-polarisirend. (**Faraday, 1845.**)

855 Die Grösse der beobachteten Drehung der Ebene des eintretenden linearpolarisirten Strahles ist der Länge der Flüssigkeitssäule und der Stromstärke proportional. (**Wiedemann, 1851.**)

856 In der gleichen Weise verhalten sich die von elektrischen Strömen umkreisten Körper gegen linearpolarisirte Wärmestrahlen.
(**Wartmann, 1846. De la Prevéstaye** und **Desains, 1849.**)

Einundachtzigstes Capitel.

Elektrische Telegraphie.

Die elektrische Telegraphie beruht auf der grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elektrischen Stromes und auf der Leichtigkeit, eine geeignete Leitung herzustellen und in gutem Stande zu erhalten. 857

Die Leitung ist: 858

a. eine oberirdische. Der Leitungsdraht, gewöhnlich Eisen, wird durch die Luft geführt und mittelst Isolirglocken aus Glas oder Porzellan an geeigneten Stützen befestigt.
b. eine unterirdische. Der Leitungsdraht, gewöhnlich Kupfer, wird durch einen Ueberzug von Guttapercha isolirt, ausserdem zum Schutze mit metallenen oder asphaltirten Papierröhren umgeben und in die Erde gelegt.
c. eine submarine. Die Leitung, gewöhnlich ein System dünner Kupferdrähte, wird besonders sorgfältig durch Guttapercha isolirt, dann mit Harzgemischen und wohlgetheertem Hanf überzogen, ausserdem zum Schutz vor äusserer Verletzung mit Eisendraht umwickelt und zuletzt auf den Boden des Wasserbeckens versenkt. (Kabel.)

Der elektrische Strom wird entweder einer constanten Batterie oder einem Inductionsapparate entnommen. 859

Im ersteren Falle wendet man die Elemente von **Meidinger, Leclanché** oder vereinfachte **Bunsen**'sche an, im anderen vorzugsweise die Magnetinductoren nach **Siemens**.

Die telegraphischen Zeichen lassen sich zurückführen auf drei Arten: 860

a. Ablenkung eines Magnetstabes: Nadeltelegraph;
b. Magnetisirung und Demagnetisirung eines Stückes weichen Eisens: Zeiger- und Schreibtelegraphen, Läutwerke u. s. w.;
c. chemische Zersetzung und dadurch hervorgerufene Färbung: Chemische Telegraphen.

Die Nadeltelegraphen sind die ältesten und einfachsten. (**Gauss** und **Weber**, 1833.) 861

Die Zeichen werden gegeben durch geregelte Ablenkungen mehr oder weniger empfindlicher Multiplicatornadeln, meist unter Anwendung inducirter Ströme.

Bei langen submarinen Leitungen, z. B. dem atlantischen Kabel, bedient man sich des empfindlichen **Thomson**'schen Reflexgalvanometers.

862 Das systematische Magnetisiren und Demagnetisiren eines Eisenstabes durch den Strom findet die ausgedehnteste Verwendung, vorzugsweise wie folgt:

a. Die Anziehung des Ankers eines Elektromagneten bringt auf einem bewegten Papierstreifen eine Marke hervor, welche je nach der Zeitdauer als Punkt oder Linie sichtbar wird.
Schreibtelegraph nach **Morse, 1837.**

b. Diese Anziehung löst und hemmt ein Triebwerk, welches akustische Signale giebt: Läutewerk.

c. Das bezügliche Triebwerk bewegt einen Zeiger, welcher nach Willkür an einem bestimmten Orte festgehalten werden kann. Zeigertelegraph. (**Wheatstone, 1840.**)

863 Das System der Selbstunterbrechung des Stromes ermöglicht:

a. die anhaltende Bewegung eines Klöppels und damit das Tönen einer Glocke: elektrische Schellen;

b. die synchronische Bewegung der Zeiger mehrerer nach gleichem Muster construirter Apparate, welche in dieselbe Leitung eingeschaltet sind, ohne dass es dabei einer besonderen mechanischen Triebkraft bedarf. Die Unterbrechung des Stromes bedingt gleichzeitigen Stillstand aller unter sich verbundenen Apparate.
Zeigertelegraph nach **Siemens** und **Halske, 1848.**

864 Durch Einwirkung des Stromes auf besonders präparirte Papierstreifen entstehen sichtbare Zeichen, welche entweder nach Art der Schreibtelegraphen von **Morse** als Punkte und Striche auftreten: **Gintl**'s chemischer Schreibtelegraph **1853**, oder auch als Nachahmung von Schrift- oder anderen Formen.
Copirtelegraph nach **Bakewell, 1847**; autographischer Telegraph oder Pantelegraph nach **Caselli, 1862.**

865 Die elektrische Batterie hat in der Regel eine doppelte Function:

a. sie sendet nach Willkür des Ortsbeamten einen Strom durch die Linienleitung nach der entfernten Station:
Linienbatterie;

b. sie setzt die am Orte befindlichen Apparate in Thätigkeit nach Willkür des Telegraphirenden auf der entfernten Station;
Ortsbatterie.

Die Wirkung der Ortsbatterie erfolgt indirect durch die Linien- 866
batterie mittelst des Uebertragers, Translators oder Relais, welcher den schwachen Linienstrom aufnimmt und durch ihn den der Ortsbatterie schliesst und öffnet. (**Wheatstone**).

Der so von fern her systematisch regierte Strom wirkt dann entweder auf die zeichengebenden Apparate der Station, oder er tritt als Linienstrom in die Leitung nach einer weiteren Station.

Als Nebenapparate sind folgende zu erwähnen: 867

a. der Umschalter, dazu dienend, Leitungen unter sich zu verbinden oder den Strom nach Willkür durch bestimmte Apparate zu leiten, andere auszuschliessen;
b. das Galvanometer, als Mittel, das Vorhandensein des Stromes, bezüglich seine Richtung zu erkennen;
c. die Blitzableiter, dazu bestimmt, die schädigenden Einflüsse atmosphärischer Elektrizität von den inneren Leitungen der Station und den Apparaten fernzuhalten.

Die Rückleitung des Stromes erfolgt ausschliesslich durch die 868
Erde. Der Leitungsdraht läuft in grössere metallene Platten aus, welche bis in die Grundwasserschicht des Erdbodens versenkt werden.
(**Steinheil, 1838.**)

Der Ausdruck „positiver oder negativer Pol liegt an Erde" sagt, dass das genannte Batterieende mit der Erdplatte in directer Verbindung steht.

ANHANG.

1. Das metrische System.

ad 25 . Bis zum Jahre 1795 bildete die Toise du Pérou, deren Etalon 1735 niedergelegt worden war, die Einheit des französischen Maasssystems. Diese Einheit mit ihren Unterabtheilungen in 6 Pieds du roi, à 12 Zoll à 12 Linien, gewährt heute noch insoweit Interesse, als verschiedene Maassbestimmungen, namentlich der Barometerstand von 28 Zoll, darauf zurückgeführt werden müssen.

Das neue Maass, mit dessen Feststellung die constituirende Versammlung 1790 auf Talleyrand's Antrag die Akademie der Wissenschaften betraute, sollte ein natürliches werden. Bereits Picard und Huyghens hatten 1670 bis 1673 die Länge des einfachen Secundenpendels als eine natürliche Maasseinheit vorgeschlagen. Diese Länge ergiebt sich verschieden, je nach dem Orte der Beobachtung; hat man sich aber über letzteren geeinigt, so kann für alle folgenden Zeiten, die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, also die Länge des Tages unveränderlich angenommen, das einmal gefundene Maass als ein natürliches, im vollen Sinne des Wortes constantes gelten. La Condamine wünschte die Länge des Pendels unter dem Aequator, Bouguer die unter dem 45° nördl. Breite als Einheit, und letztere Idee war bereits vor Ausbruch der Revolution der Ausführung nahe gewesen. Die von der Akademie der Wissenschaften niedergesetzte Commission, aus den gefeierten Männern Borda, Condorcet, Lagrange, Laplace und Monge bestehend, verwarf die Idee, die Einheit des Maasses der Pendellänge zu entnehmen, und schlug, auf Vorarbeiten von Monton und Cassini zurückgehend, einen bestimmten Theil des Umfangs der Erde als solche vor. Der Grund, es enthalte die Länge des Secundenpendels, neben dem willkürlich gewählten Orte, ein neues Element, die Zeit, und deren unsystematische Eintheilung in 86 400 Secunden, erschien schlagend; die Staatsgewalten entschieden sich für den Antrag der Commission. Gestützt auf eine grossartige Gradmessung des Meridians von Paris,

durch welche der Abstand des Nordpols vom Aequator auf 5 130 740 Toisen festgesetzt wurde, bestimmte man die neue Maasseinheit. Der Bericht, ausgegangen von den Commissaren Laplace, Legendre, Delambre, Mechain, Tralles, Ciscar und van Swinden, erstattet den 7. April 1795 (18. Germinal des Jahres III der Republik), lautet wie folgt:

„Die Maasseinheit, Mètre genannt, ist der zehnmillionste Theil des Meridian-Erdquadranten und beträgt nach altem Maasse 3 Fuss 11,296 Linien der Toise du Pérou, gemessen bei 13° des Réaumur'schen Quecksilberthermometers."

Mit dieser Feststellung eines Mètre vrai et définitif ist das Mètre aus der Reihe der natürlichen Maasse getreten und ein conventionelles geworden. Da bei der Bestimmung desselben eine Abplattung der Erde von $\frac{1}{334}$ angenommen, dieselbe aber seitdem genauer zu $\frac{1}{299,15}$ ermittelt worden ist, so beträgt die Länge des bezeichneten Quadranten, die Richtigkeit der Messung selbst unangefochten, statt 10 000 000 jetzt 10 000 856 Mètres.

Verdient also das Mètre als Maasseinheit keinerlei Vorzug vor einer anderen conventionellen, so doch aber die ausgezeichnetste Beachtung wegen der musterhaften Art und Weise, in der es dem Maasssysteme zu Grunde gelegt worden ist.

Mehr als irgend ein anderes erscheint das metrische Maasssystem geeignet, Weltmaass zu werden. Es ist bisher eingeführt in Belgien, Holland, Italien, der Schweiz u. s. w. und wird auch in Deutschland vom 1. Januar 1872 an gesetzliche Gültigkeit erlangen.

2. Specifisches Gewicht und Dichtigkeit.

Der Unterschied zwischen: specifischem Gewicht „und" Dichtig- ad 29
keit, welche beiden Ausdrücke noch oft als gleichbedeutend gelten, wird in neuerer Zeit mit Recht besonders hervorgehoben. Weisbach und Zeuner gebrauchen die Bezeichnungen im entgegengesetzten Sinne, als der Verfasser, welcher, dem Beispiele von Grashof, Mousson und anderen Autoritäten folgend, das specifische Gewicht der Körper als eine benannte Zahl, die Dichtigkeit, in Ermangelung eines absoluten Maasses für dieselbe, lediglich als eine Verhältnissgrösse auffasst.

3. Normales Volumen der Gase nach R. Bunsen.

Die Zahl 760 Mm. ist, der Unbequemlichkeit als Divisor wegen, bei ad 71
Reduction auf normales Volumen etc., in vielen Fällen nach Bunsen's Vorschlag mit 1000 Mm. vertauscht worden, und es wird demnach das-

jenige Gasvolumen ein normales genannt, welches einer Tension von 1 Meter Quecksilbersäule bei 0^0 entspricht.

4. Acceleration der Schwere.

ad 126 Die Anziehungskraft, welche die Körper durch die Erde erleiden, nimmt bei dem Abstande von dem Mittelpunkte ab.

Dem entsprechend ist der Werth g eine innerhalb gewisser Gränzen variable Grösse, zunächst abhängig von der geographischen Breite; ausserdem finden sich noch locale Abweichungen.

Symmetrisch liegende Punkte auf verschiedenen Meridianen oder bei gleicher nördlicher und südlicher Breite auf demselben Meridian zeigen nicht immer gleiche Acceleration.

g beträgt	an den Polen	9,8314 Meter.
„	unter 45^0 Breite	9,8049 „
„	am Aequator	9,7803 „
Im Mittel für	Deutschland	9,81 „

Schliesslich verdient es Erwähnung, dass manche Physiker unter g den Fallraum in der ersten Secunde verstehen, dem entsprechend die Acceleration der Schwere mit $2g$ bezeichnen.

5. Zeitgleichung.

ad 136 Die Abweichung der mittleren Zeit von der wahren Sonnenzeit wird Zeitgleichung genannt. Sie schwankt innerhalb gewisser Gränzen, deren Grössen alljährlich wiederkehrender Berechung unterliegen.

6. Die gleichschwebende Temperatur.

ad 175 Bei der temperirten gleichschwebend-chromatischen Scala schreitet jedes Intervall in gleichen Verhältnissen weiter, es wird demnach die Schwingungszahl jedes Tones entsprechend den 12 Abständen innerhalb einer Octave =

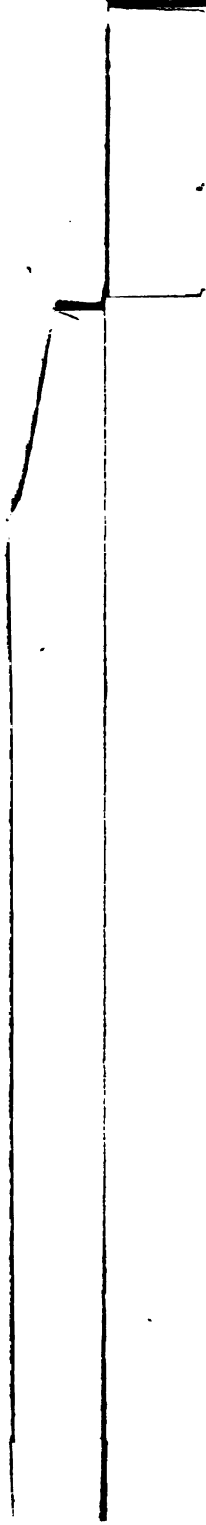
$$a.2^{\frac{1}{12}};\ a.2^{\frac{2}{12}} \ldots\ldots\ldots a.2^{\frac{11}{12}};\ a.2^{\frac{12}{12}}$$

Nebenstehende Tabelle zeigt die Schwingungszahlen derselben im Vergleiche mit der nicht temperirten chromatischen Scala unter Beifügung der Notenbezeichnung.

7. Combinationstöne höherer Ordnung.

ad 222 Als Beispiel des Auftretens von Combinationstönen höherer Ordnung gelte Nachstehendes:

Die grosse Terz c′ bis e′, mit den absoluten Schwingungszahlen 264 und 330 liefert



den Differenzton erster Ordnung $330 - 264 = 66 = C$
die Differenztöne zweiter Ordnung $264 - 66 = 198 = g$
„ „ „ „ $330 - 66 = 264 = c'$
die Differenztöne dritter Ordnung $198 - 66 = 132 = c$
„ „ „ „ $330 - 66 = 198 = g$
den Differenzton vierter Ordnung $198 - 132 = 66 = C$

es erklingt also der Accord:

$$C : c : g : c' : e'$$
$$66 : 132 : 198 : 264 : 330$$

zu welchem sich der Summationston erster Ordnung $264 + 330 = 594$, entsprechend d″ gesellt.

8. Die Entstehung der Vocaltöne.

O. Helmholtz hat die Frage über die Entstehung der Vocaltöne ad 256 erschöpfend gelöst. Es gelang ihm, diese Töne zu analysiren und synthetisch durch Anwendung von Tonerregern in voller Klangfarbe wieder herzustellen.

Das Eigenthümliche der Vocalklänge besteht darin, dass die Obertöne des Klanges, verhältnissmässig stark auftretend, gleichbleibende Höhe behalten, während die Höhe des schwächer erklingenden Grundtones wechselt.

9. Die Brennlinie.

Die Katakaustik ist eine Epicykel, entstanden durch Rollen eines ad 301 Kreises vom Radius $\frac{r}{4}$ auf einem, mit dem Spiegel concentrischen Kreise von $\frac{r}{2}$, und zwar durch Drehen um den halben Umfang auf beiden Seiten des Focus.

10. Intensitätsverhältniss zwischen dem gespiegelten und durchgelassenen Licht.

Das Verhältniss der Intensitäten zwischen dem von ad 421 einem durchsichtigen Mittel reflectirten und durchgelassenen Lichte ist von dem Brechungsindex und dem Einfallswinkel abhängig.

Wird der Einfallswinkel . . . $= 0$,

der reciproke Werth des Index $\frac{1}{n} = m$

gesetzt, so verhält sich die ursprüngliche Intensität zu der des gespiegelten, zu der des durchgehenden Lichtes wie

$$1 : \frac{(1-m)^2}{(1+m)^2} : \frac{4m}{(1+m)^2}$$

Für Wasser und Luft, Brechungsindex $= {}^4/_3$:

$$1 : \frac{1}{49} : \frac{48}{49}$$

Für Glas und Luft, Brechungsindex $= {}^3/_2$:

$$1 : \frac{1}{25} : \frac{24}{25}$$

Bei dem Einfallswinkel von $78^0\ 50'$ ist das von einer durchsichtigen Glasplatte reflectirte Licht halb so stark, als das auffallende. (Arago.)

11. Der absolute Nullpunkt der Wärme.

ad 488 Aus der Expansionsverminderung der Gase bei Erniedrigung der Temperatur berechnet sich der Nullpunkt auf — 273,39° Celsius. Person setzt denselben auf — 160° Celsius, und gründet auf diese Annahme eine Formel, welche einen Zusammenhang zwischen latenter und specifischer Wärme und dem Schmelzpunkt bei vielen Substanzen wahrscheinlich macht. (Siehe Nro. 20 des Anhangs.)

12. Verhinderung der Ausdehnung durch die Wärme.

ad 501 Die Ausdehnung lässt sich nur in so weit verhindern, als die Elasticitätsgränze der starren Körper dabei nicht überschritten wird.

Flüssige Körper sind zwar vollkommen, aber ausserordentlich wenig elastisch. Wasser lässt sich bei 0° um 0,0000503 seines Volumens, Quecksilber nur um 0,00000295, bei höheren Temperaturen noch weniger zusammenpressen, dies sind Werthe, die für alle praktischen Zwecke unberücksichtigt bleiben müssen.

13. Ausdehnung durch die Wärme.

ad 504 Drückt a die Zunahme einer Linie $= 1$ bei beliebiger Temperaturerhöhung aus, so bestimmt sich die Grösse der Flächeneinheit zu

$$(1+a)^2 = 1 + 2a + a^2$$

die der Volumeneinheit zu

$$(1+a)^3 = 1 + 3a + 3a^2 + a^3$$

Ohne wesentlichen Fehler lassen sich, der Kleinheit von a wegen, die Werthe a^2 für die Fläche, $a^3 + 3a^2$ für das Volumen vernachlässigen. Aus dem gleichen Grunde lässt sich die Grösse $\frac{1+at}{1+at_1}$ mit $1 + a(t - t_1)$ vertauschen.

Die Ausdehnung der mehrgliedrigen Krystalle ist nach verschiedenen Richtungen verschieden gross. (Mitscherlich.)

Flüssige, amorphe und regulär-krystallisirte Körper bleiben, sofern sie kugelförmige Gestalt hatten, beim Erwärmen und Erkalten Kugeln, mehrgliedrige Krystalle nehmen unter den gleichen Umständen die Gestalt eines Rotationsellipsoides oder dreiaxigen Ellipsoides an.

14. Gleichförmigkeit der Ausdehnung der Gase.

ad 511 Die Ausdehnung erfolgt nicht in dem Sinne gleichförmig, dass die Zunahme für t Grade dem Producte von t in die für 1 Grad gleichgesetzt werden darf.

Für diese Unterstellung würde sich die Gleichung ergeben

$$\frac{1}{1+\gamma} = \frac{1+\gamma}{(1+\gamma)^2} = \ldots\ldots \frac{(1+\gamma)^{(n-1)}}{(1+\gamma)^n}$$

und damit, γ als den Coëfficienten für 1^0 angesehen, die Grösse bei 100^0 nicht zu $(1 + \gamma . 100)$, sondern zu $(1 + \gamma)^{100}$

Wird der Ausdehnungscoëfficient einer Luftart für 0 bis $1^0 = 0{,}00366$ angenommen, so resultirt für das Luftvolumen, bei $0^0 = 1$ gesetzt, für die Temperatur aus 100^0 nicht das Volumen

$$(1 + 0{,}00366 . 100) = 1{,}366, \text{ vielmehr } 1{,}4409$$

0,00366 ist abgeleitet aus 0,366, der Volumenzunahme der Einheit, mittelst einfacher Division durch 100; streng genommen ist zu setzen 0,003121, denn

$$(1 + 0{,}003121)^{100} = 1{,}366$$

d. i. die durch Erfahrung erhaltene Grösse.

15. Specifische Wärme des Wassers.

ad 516 Die specifische Wärme des Wassers scheint grösseren Aenderungen unterworfen zu sein, als gewöhnlich angenommen wird.

Die neuesten Untersuchungen von L. Pfaundler und H. Platter ergeben namentlich bedeutende Abweichungen zwischen 0^0 und 4^0 Celsius einerseits, 4^0 und 11^0 anderseits. Die genannten Forscher fanden für die in der Gewichtseinheit Wasser enthaltene Wärmemenge

von	1^0 ...	0,9683880	Cels.,	entsprechend	der spec. W.	= 0,9512754
„	2^0 ...	1,9253810	„	„	„ „	= 0,9712580
„	3^0 ...	2,9228712	„	„	„ „	= 1,0274821
„	4^0 ...	3,9836931	„	„	„ „	= 1,0999781
„	5^0 ...	5,1077287	„	„	„ „	= 1,1512726
„	6^0 ...	6,2787546	„	„	„ „	= 1,1863882
„	7^0 ...	7,4708372	„	„	„ „	= 1,1928436
„	8^0 ...	8,6647692	„	„	„ „	= 1,1706337
„	9^0 ...	9,8056156	„	„	„ „	= 1,1263292
„	10^0 ...	10,9042000	„	„	„ „	= 1,0728772
„	11^0 ...	11,9538775	„	„	„ „	= 1,0298006

Die in der Gewichtseinheit Wasser von t^0 (bis 11^0 genau) enthaltene Wärmemenge W ist

$$t - t^2 . 0{,}047761997 + t^3 . 0{,}017854577 - t^4 . 0{,}001758739 + \ldots\ldots$$

Nach Regnault ist die mittlere specifische Wärme des Wassers bei t^0

$$s = t + 0{,}00002\ t + 0{,}0000003\ t^2 + \ldots\ldots$$

sonach die in der Gewichtseinheit Wasser von t^0 enthaltene Wärmemenge

$$W = t + 0{,}00002\ t^2 + 0{,}0000003\ t^3 + \ldots\ldots$$

16. Relative Wärme der Gase.

ad 526 Die Untersuchungen Regnault's haben für die einfachen und zusammengesetzten Gase diesen wichtigen Satz in Zweifel gestellt. Derselbe bestimmte die relative Wärme

der Luft	=	1,0000
des Stickstoffs	=	1,0000
„ Sauerstoffs	=	0,9765
„ Wasserstoffs	=	0,9033
„ Kohlenoxyds	=	1,0340. Siehe Tabelle XXVI.

17. Verhältniss zwischen Aequivalent und specifischer Wärme.

ad 529 Dieser wichtige Satz, in der neuesten Zeit durch die Untersuchungen vieler Physiker, namentlich Favre's, Silbermann's und H. Kopp's nach allen Richtungen geprüft, muss trotz vielfacher Abweichungen aufrecht erhalten bleiben. Noch sind die specifischen Wärmen der Substanzen je nach den zu Grunde gelegten Temperaturen, dem Aggregatzustande, den allotropischen Zuständen etc. allzu verschieden, während sich doch immer nur ein einziger Werth des Aequivalents zu Grunde legen lässt.

18. Der Schmelzpunkt.

ad 535 Dieser Satz lässt sich nur für solche Substanzen aufstellen, welche nicht verschiedene Grade der Weichheit zwischen dem starren und flüssigen Zustande durchlaufen.

Nach Versuchen von W. Thomson, Hopkins und Bunsen steigt der Schmelzpunkt mit dem auf den Körpern lastenden Drucke.

19. Verhältniss zwischen latenter und specifischer Wärme.

ad 538 Zwischen der specifischen Wärme der Körper im starren und flüssigen Zustande, der latenten und freien Wärme derselben finden nach Person folgende Beziehungen statt:

Die latente Wärme eines Körpers ist gleich dem Producte der Differenz der specifischen Wärmen im flüssigen und starren Zustande in die Anzahl Grade des Schmelzpunktes über dem absoluten Nullpunkt (— 160° Celsius):

$$l = (s - s_1)\,(160 + t)$$

Dieser Satz bedarf vielfacher Ergänzungen, da er bis jetzt nur für eine geringe Zahl nichtmetallischer Körper annähernd richtige Werthe giebt.

Einen Zusammenhang zwischen der Elasticität, Dichtigkeit und latenten Schmelzwärme metallischer Körper drückt Person durch folgende Formel aus:

$$\frac{L}{L_1} = \frac{M}{M_1} \cdot \frac{1 + \frac{2}{\sqrt{s}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{s_1}}}$$

worin L und L_1 die latenten Schmelzwärmen,
M „ M_1 „ Elasticitätsmoduli,
s „ s_1 „ specifischen Gewichte sind.

Als Normalmetalle dienten: Zinn, Blei, Zink, Cadmium, Silber.

20. Der Erstarrungspunkt.

Die Erstarrung erfolgt nach Bunsen um so leichter, je grösser ad 543
der auf dem Körper lastende Druck ist. Nach Person ist dieselbe eine reine Zufälligkeit, und es können starre, flüssige und luftförmige Körper gleicher substantieller Natur bei jeder Temperatur neben einander existiren.

Die im Erstarrungsmomente freiwerdende Wärme macht Beobachtungen über die eigentliche Erstarrungstemperatur im hohen Grade ungenau.

21. Tension des Wasserdampfes.

Die bekanntesten Formeln, die Tension des Wasser- ad 553
dampfes aus der Temperatur und bestimmten Constanten abzuleiten, sind folgende:

1. Nach Arago und Dulong für Tensionen grösser als 1 Atmosphäre:

E = Expansion in Atmosphären,
t = Temperatur nach Celsius,
a = 0,2847
b = 0,007153

$$E = (a + bt)^5.$$

2. Nach Regnault.

a. Für Temperaturen unter 0^0:

$x = (t + 32)$

$a = - 0{,}08038$;

$log. b = 0{,}6024724 - 1$

$log. \alpha = 0{,}333980$;

$E =$ Tension in Millimeter Quecksilber;

$$E = a + b\alpha^x$$

b. Für Temperaturen zwischen 0^0 bis 100^0:

$$log. E = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

worin $a = 4{,}739370$

$log. b = 0{,}1319971 - 2$; $log. c = 0{,}6117408$

$log. \alpha = 0{,}0068649$

$log. \beta = 0{,}9967255 - 1$;

$E =$ Tension in Millimeter.

c. Für Temperaturen über 100^0:

$$log. E = a - b\alpha^x - c\beta^x$$

worin $x = t + 20$

$a = 6{,}2640348$

$log. b = 0{,}1397743$

$log. c = 0{,}6924351$

$log. \alpha = 0{,}9940493 - 1$

$log. \beta = 0{,}9983439 - 1$:

$E =$ Tension in Millimeter.

3. Nach Magnus.

$$E = e . 10^{\frac{at}{b+t}}$$

worin $e =$ Tension bei 0^0 in Millimeter,

$E =$ Tension bei t^0 „ „

$a = 7{,}4475$

$b = 234{,}69$, die — Temperatur des absoluten Nullpunktes,

$t =$ Temperatur über 0^0.

4. Nach Klingenfeld.

$$t = 100 . log. (4 + 6\ a)$$

worin t die Grade nach Celsius, a die Spannung in Atmosphären bezeichnet.

22. Coërcibilität der Gase.

ad 556 Das Mariotte'sche Gesetz wird anwendbar, wenn die Tension des Dampfes weniger als $\frac{85}{100}$ derjenigen beträgt, welche ihm für die entsprechende Temperatur zukommt.

Das Mariotte'sche Gesetz verliert seine Gültigkeit bei Verdichtung der Gase und Dämpfe um so mehr, je näher dieselben dem Punkte

der vollständigen Sättigung kommen. Selbst die bis jetzt nur im luftförmigen Zustande bekannten Grundstoffe: Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, zeigen bei sehr hohem Druck bedeutende Abweichungen und führen so auf den Schluss, dass auch sie nur Dämpfe sind.

Dasselbe gilt in gewisser Beziehung für die Ausdehnungscoëfficienten; je weiter die Dämpfe von ihrem Sättigungspunkte entfernt sind, desto mehr nähert sich Ersterer dem der Luftarten. So hat nach Siemens überhitzter Wasserdampf

zwischen 100 bis 110 einen 5 mal grösseren
„ 100 „ 115 „ 4 „ „
„ 100 „ 127 „ 3 „ „
„ 100 „ 188 „ 2 „ „

Ausdehnungscoëfficienten als atmosphärische Luft.

23. Verhältniss der latenten Dampfwärme zur Dampfdichte.

Das Drespretz'sche Gesetz ist nur annähernd richtig. ad 557

Bezeichnet L die latente Wärme bei dem Siedepunkt,
„ D die Dichtigkeit des Dampfes, bezogen auf Luft von normaler Tension und Temperatur des Dampfes,
„ D_0 die Dichtigkeit desselben, bezogen auf Luft von normaler Temperatur und Tension,
„ t den Siedepunkt,

so ergeben sich die nachstehenden Werthe:

	t	D	D_0	L	D_0L
Wasser	= 100	0,622	0,451	531	239
Aether	= 35,5	2,586	2,280	96,8	219
Alkohol	= 78,7	1,613	1,258	78,7	261
Terpentinöl	= 175,4	5,013	3,207	76,8	236

24. Diffusion der Dämpfe.

Der langsamen Bildung des Dampfes im luft- und dampferfüllten Raume wegen und in Folge leicht eintretender Condensation an den Gefässwänden ist das Dalton'sche Gesetz niemals in voller Strenge richtig. Die Abweichungen werden sehr bedeutend, wenn die Dämpfe bei geringer Tension grosse Dichtigkeit zeigen, oder eine Lösung der Dämpfe in einander stattfindet. ad 571

Es sind hierbei drei Fälle zu unterscheiden:

a. die dampfbildenden Flüssigkeiten sind nicht in einander löslich, z. B. Wasser und Schwefelkohlenstoff: die Tension des Gemisches ist der Summe der partiaren Tensionen fast gleich.

b. die Flüssigkeiten lösen sich für eine gegebene Temperatur nur in einem bestimmten Verhältniss, z. B. Wasser und Aether: die Tension des Gemisches ist annähernd der Partiartension des am leichtesten flüchtigen Körpers gleich.

c. die Flüssigkeiten lösen sich in jedem Verhältniss, z. B. Wasser und Alkohol: die Totaltension ist wohl wesentlich grösser als die Partiartension des flüchtigeren Körpers, erreicht aber niemals die Summe der Partiartensionen. Das Maximum der Totaltension für eine bestimmte Temperatur und Mischung hängt von der Art ab, wie letztere hergestellt wird.

(Regnault, 1854.)

25. Latente Wärme des Wasserdampfes.

ad 576 Nach den Untersuchungen Regnault's ist das Watt'sche Gesetz nur annähernd richtig. Die Gesammtwärme, welche bei Umwandlung der Gewichtseinheit Wasserdampf von t^0 in Wasser von o^0 frei wird, ist

$$= 606{,}5 + 0{,}305\,t$$

Sollen also p Gewichtseinheiten Wasser von t^0 in Dampf von T umgewandelt werden, so sind $p\ [606{,}5 + 0{,}305\ (T - t)]$ Wärmeeinheiten erforderlich.

Nach Watt aber nur $p\ (630 - t)$, die Summe der freien und latenten Wärme der Gewichtseinheit Wasserdampf $= 630$ gesetzt.

Um die latente Wärme des Dampfes zu erhalten, ist die Wärmemenge abzuziehen, welche p Gewichtseinheiten Wasser von der gleichen Temperatur enthalten, betragend für die Gewichtseinheit nach Regnault

$$t + 0{,}00002\ t^2 + 0{,}0000003\ t^3$$

Es ist sonach die latente Dampfwärme pro Gewichtseinheit

$$\lambda = 606{,}5 - 0{,}695\ t - 0{,}00002\ t^2 - 0{,}0000003\ t^3$$

betragend für

0^0	$= 606{,}5$	120^0	$= 522{,}3$
40^0	$= 578{,}7$	160^0	$= 493{,}6$
80^0	$= 550{,}6$	200^0	$= 464{,}3$
100^0	$= 536{,}5$	230^0	$= 441{,}9$

26. Die Verbrennungstemperatur.

ad 603 Die Berechnung der Verbrennungstemperatur nach dem üblichen Verfahren setzt voraus, dass alle erzeugte Wärme den Producten der Verbrennung verbleibt, und letztere ihre substantielle Beschaffenheit bei der Erhöhung der Temperatur nicht ändern. Diese Unterstellungen sind jedoch nicht als richtig hinzunehmen, speciell ist es zweifellos, dass bei einem bestimmten, noch unter der Verbrennungstemperatur liegen-

den Wärmegrade die Zersetzung oder Dissociation der entstandenen Verbindung erfolgt und dem entsprechend andere Wasserwerthe maassgebend werden.

Ausserdem ist der Umstand beachtungswerth, dass es unmöglich ist, richtig zusammengesetzte Gasgemische vollständig in sich zu verbrennen, dass vielmehr stets ein mehr oder minder grosser Theil derselben unverändert bleibt.

27. Die relativen Werthe der Intensität.

Südliche Halbkugel.

	Inclination.	Intensität.	
Port du Süd } Vandiemensland .	75° 50′	1,5773	ad 646
„ „ Nord }	70° 48′	1,6133	
Java	25° 40′	0,9348	
Lima	9° 59′	1,0773	
Magnetischer Aequator in Peru .	0° 0′	1,0000	

Nördliche Halbkugel.

Quito	13° 22′	1,0675
St. Thomas	35° 6′	1,1070
Mexico	42° 10′	1,3155
Rom	61° 57′	1,2642
Mailand	65° 40′	1,3121
Lyon	66° 14′	1,3334
Tübingen	68° 4′	1,3569
Paris	69° 12′	1,3485
Göttingen	69° 50′	1,3533
Danzig	69° 44′	1,3733
London	69° 57′	1,3697
Christiania	72° 34′	1,4195
Island	82° 49′	1,6406
Baffinsbai	86° —	1,6885
Melvilleinsel	90° —	?

28. Die Variationen der Declination.

Die Werthe derselben für Paris sind: ad 649

1580	östlich	11° 30′
1618	„	8° —
1663	„	0° —
1700	westlich	8° 10′
1767	„	19° 16′
1785	„	22° —
1805	„	22° 5′

1819	westlich	22° 29′
1825	„	22° 12′
1850	„	20° 30′
1858	„	19° 36′

Der Nordpol geht in der Zeit vom April bis Anfang Juli von Osten nach Westen, die übrige Zeit des Jahres in der entgegengesetzten Richtung.

Durch die täglichen Variationen regelmässiger Art erreicht auf der nördlichen Erdhälfte der Nordpol der Nadel:

die grösste westliche Abweichung . . .	2 Uhr	Mittags,
die erste grössere östliche Abweichung .	8 „	Abends,
die zweite grössere westliche Abweichung	1 „	Nachts,
die grösste östliche Abweichung	3 „	Morgens.

29. Die Variationen der Inclination.

ad 651 Werth derselben für Paris:

1671 = 75° —′	1818 = 68° 36′
1754 = 72° 15′	1825 = 68° 1′
1780 = 71° 48′	1835 = 67° 24′
1798 = 69° 51′	1850 = 66° 37′
1810 = 68° 50′	1858 = 66° 26′

Tägliche Variationen:

die grösste Inclination . .	2	bis 3	Uhr	Mittags,
die erste kleinere Inclination	8 „	9	„	Abends,
die erste grössere Inclination	11 „	12	„	Nachts,
die kleinste Inclination . .	7 „	8	„	Morgens.

30. Die Symmer'sche Hypothese.

ad 663 Der englische Physiker Symmer nahm zur Erklärung der elektrischen Erscheinungen das Vorhandensein zweier besonderer elektrischer Imponderabilien an, die er Glas- und Harzelektrizität nannte. Nach seiner Hypothese sind dieselben, da die Theilchen gleichartiger sich abstossen, ungleichartiger sich anziehen und binden, in dem unelektrischen Körper in gleicher Menge und im gebundenen Zustande vorhanden, und werden durch Reiben u. s. w. getrennt.

Die Anhänger Symmer's wurden, im Gegensatz zu denen Franklin's, der sogenannten Unitarier, Dualisten genannt.

ad 666 **31. Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität.**

Die Fähigkeit, Wärme und Elektrizität zu leiten, ist innerhalb der mehrgliedrigen Krystalle nach verschiedenen Richtungen ungleich. (Wiedemann, 1849. Senarmont, 1850.)

32. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität.

ad 668 Die Wheatstone'sche Zahl wurde aus Versuchen mit gespannter Reibungselektrizität ermittelt. Neuere Arbeiten von Gould und Walker, unter Benutzung einer ausgedehnten Telegraphenleitung und Volta'scher Elektrizität angestellt, ergaben eine viel kleinere Zahl, nämlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 8089 geographischen Meilen in der Secunde, also nur $^1/_7$ des Wheatstone'schen Werthes.

Noch andere Resultate erhielten Fizeau und Guonelle, nämlich:

1. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem Eisendrahte von 4 Millimeter Durchmesser beträgt 101 700 Kilometer, in einem Kupferdrahte von 2,5 Millimeter hingegen 177 722 Kilometer.
2. Die positive und negative Elektrizität pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.
3. Die Stromstärke hat keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit.
4. Die Geschwindigkeit in Leitern verschiedener substanzieller Natur ist weder dem Leitungsvermögen, noch dem Querschnitt der Leiter proportional.

33. Elektrochemische Theorie.

ad 713 Die erläuterte Theorie der Elektrizitätsentwickelung ist die von Volta herrührende, durch Fechner's mühevolle Versuche experimentell geprüfte, in Deutschland fast allgemein geltende, sogenannte Contact-Theorie. Ihr gegenüber steht die chemische Theorie, welche von Wollaston 1801 gegründet, in de la Rive, Berzelius, Becquerel und Faraday ihre Hauptvertreter fand, und mehr und mehr Anhänger gewinnt. Nach derselben ist der elektrische Strom die Folge chemischer Einwirkung der Flüssigkeit auf die Elektromotoren; es ist also die chemische Zersetzung des Elektrolyts nicht eine Wirkung, sondern die Ursache der Elektrizitätsbewegung.

Tabelle I.

Das Metrische Maasssystem.

1^{m} = 1 Meter; $0^{m},1$ = 1 Decimeter; $0^{m},01$ = 1 Centimeter;
$0^{m},001$ = 1 Millimeter.

1^{km} = 1 Kilometer; $0^{km},1$ = 1 Hektometer;
$0^{km},01$ = 1 Dekameter; $0^{km},001$ = 1 Meter.

$1\,\square^{m}$ = 1 Quadratmeter; $0\,\square^{m},01$ = 1 Quadratdecimeter;
$0\,\square^{m},0001$ = 1 Quadratcentimeter;
$0\,\square^{m},000001$ = 1 Quadratmillimeter.

$1\,\square^{km}$ = 1 Quadratkilometer; $0\,\square^{km},01$ = 1 Quadrathektometer;
$0\,\square^{km},0001$ = 1 Quadratdekameter;
$0\,\square^{km},000001$ = 1 Quadratmeter.
$100\,\square^{m}$ = 1 Ar; 100 Ar = 1 Hektar.

$1\,\square\!\square^{m}$ = 1 Cubikmeter; $0\,\square\!\square^{m},001$ = 1 Cubikdecimeter;
$0\,\square\!\square^{m},000001$ = 1 Cubikcentimeter;
1 Cubikmeter = 1 Stère = 1000 Cubikdecimeter;
1 Cubikdecimeter = 1 Liter = 1000 Cubikcentimeter.

1 Liter = 10 Deciliter = 100 Centiliter.

1^{gr} = 1 Gramm; $0^{gr},1$ = 1 Decigramm;
$0^{gr},01$ = 1 Centigramm; $0^{gr},001$ = 1 Milligramm;
$1^{mgr},0$ = 1 Milligramm; $0^{mgr},1$ = 1 Decimilligramm.

1^{kgr} = 1 Kilogramm oder Kilo; $0^{kgr},1$ = 1 Hektogramm;
$0^{kgr},01$ = 1 Dekagramm; $0^{kgr},001$ = 1 Gramm.

Die Schreibweise: $1^{m},2300$ sagt, dass die Messung bis auf ein Decimillimeter genau ist; $1^{m},23$ hingegen, dass die Genauigkeit der Messung nur bis auf Centimeter verbürgt wird.

In derselben Weise die Werthe $1^{gr},2300$ und $1^{gr},23$ bezüglich der Gewichtsgrössen.

Tabelle II.

Vergleichung der wichtigsten Maasseinheiten.

a. Längenmaasse.

Preuss. Fuss.	Oesterr. Fuss.	Sächsischer Fuss.	Englischer Fuss.	Pariser Fuss.	Mèter.
1	0,99286	1,10828	1,02972	0,96618	0,31385
1,00719	1	1,11625	1,03713	0,97313	0,31611
0,90230	0,89586	1	0,92912	0,87178	0,28319
0,97114	0,96420	1,07629	1	0,93829	0,30479
1,03500	1,02761	1,14707	1,06577	1	0,32484
3,18620	3,16345	3,53120	3,28090	3,07844	1

Tabelle X.

Volumen-Löslichkeitscoëfficienten der Gase in Wasser und Alkohol.

	Bei 0°		Bei 10°	
	in Wasser.	in Alkohol.	in Wasser.	in Alkohol.
Stickstoff	0,02035	0,12634	0,01607	0,12276
Wasserstoff . . .	0,01930	0,06925	0,01930	0,06786
Sauerstoff	0,04114	0,28397	0,03250	0,28397
Kohlensäure . . .	1,7967	4,3295	1,1847	3,5140
Schwefelwasserstoff	4,3706	17,891	3,5858	11,992
Schweflige Säure .	68,861	328,62	51,383	190,31
Grubengas . . .	0,05449	0,52259	0,04372	0,49535
Elayl	0,2563	3,5950	0,1837	3,0859
Ammoniak . . .	1049,6	—	812,8	—
Luft	0,02471	—	0,01953	—

	Bei 15°		Bei 20°	
	in Wasser.	in Alkohol.	in Wasser.	in Alkohol.
Stickstoff	0,01478	0,12142	0,01403	0,12038
Wasserstoff . . .	0,01930	0,06725	0,01930	0,06668
Sauerstoff	0,02989	0,28937	0,02838	0,28397
Kohlensäure . . .	1,0020	3,1993	0,9014	2,9465
Schwefelwasserstoff	3,2326	9,539	2,9053	7,415
Schweflige Säure .	43,564	144,55	36,216	114,48
Grubengas. . . .	0,03909	0,48289	0,03499	0,47096
Elayl	0,1615	2,8825	0,1488	2,7131
Ammoniak . . .	727,2	—	654,0	—
Luft	0,01795	—	0,01704	—

Tabelle XI.

Geschwindigkeiten in Meter pro Secunde.

	Meter.		Meter.
Trabendes Pferd	3,8	Mässiger Wind	3,3
Schnellster Reiter. . . .	26,0	Orkan bis	38,0
Mittlerer Fussgänger . .	1,7	Kräftig geworfener Stein . .	17,0
Schnellsegelndes Schiff . .	3,6	Büchsenkugel.	400,0
Gutes Dampfschiff. . . .	5,0	12pfünd. Kugel	750,0
Schnellzuglocomotive im Mittel	10 bis 16	Schall in der Luft	330,0
Adlerflug	30,0	Licht im Weltall . .	318300000,0

Tabelle XII.

Geschwindigkeit des Schalls.

	Meter.		Meter
Luft von 0° und 760 Mm.	= 332,5	Wasser bei 0°	= 1437,1
Sauerstoff	= 324,48	Meerwasser .	= 1453,8
Stickstoff	= 338,37	Glas . . .	= 16,7 (Luft = 1)
Wasserstoff. . . .	= 1269,11	Eisenstäbe .	= 16,7 („ = 1)
Kohlensäure . . .	= 269,68	Tannenholz .	= 18,0 („ = 1)

Tabelle XIII.

Brechungsindices.

a) Absolute Werthe.

Atmosphärische Luft nach Arago und Biot	1,000294
Sauerstoffgas.	1,000272
Stickstoffgas	1,000300
Wasserstoffgas	1,000138
Kohlensäure	1,000449
Ammoniak	1,000385

b) Relative, bezogen auf Luft, und dunkle Linie F.

Wasser bei 15° Réaumur . . .	= 1,337
Aether bei 10° C.	= 1,358
Alkohol	= 1,374

Tabelle XXXVI.

Specifisches Gewicht des gesättigten Wasserdampfes nach Regnault, pro Cubikdecimeter in Gramm.

Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.	Tension in Atmosphären.	Temperatur.	Specifisches Gewicht.
0,1	46,21	0,0687	2,1	122,15	1,2177	4,5	148,29	2,4911
0,2	60,45	0,1326	2,2	123,64	1,2721	5,0	152,22	2,7500
0,3	69,49	0,1945	2,3	125,07	1,3264	5,5	155,85	3,0073
0,4	76,25	0,2553	2,4	126,46	1,3805	6,0	159,22	3,2632
0,5	81,71	0,3153	2,5	127,80	1,4345	6,5	162,37	3,5178
0,6	86,32	0,3744	2,6	129,10	1,4883	7,0	165,34	3,7711
0,7	90,32	0,4330	2,7	130,35	1,5420	7,5	168,15	4,0234
0,8	93,88	0,4910	2,8	131,57	1,5956	8,0	170,81	4,2745
0,9	97,08	0,5847	2,9	132,76	1,6490	8,5	173,35	4,5248
1,0	100,00	0,6059	3,0	133,91	1,7024	9,0	175,77	4,7741
1,1	102,68	0,6628	3,1	135,03	1,7556	9,5	178,08	5,0226
1,2	105,17	0,7194	3,2	136,12	1,8088	10,0	180,31	5,2704
1,3	107,50	0,7757	3,3	137,19	1,8618	10,5	182,44	5,5174
1,4	109,68	0,8317	3,4	138,23	1,9147	11,0	184,50	5,7636
1,5	111,74	0,8874	3,5	139,24	1,9676	11,5	186,49	6,0092
1,6	113,69	0,9430	3,6	140,23	2,0203	12,0	188,41	6,2543
1,7	115,54	0,9983	3,7	141,21	2,0729	12,5	190,27	6,4986
1,8	117,30	1,0534	3,8	142,15	2,1255	13,0	192,08	6,7424
1,9	118,99	1,1084	3,9	143,08	2,1780	13,5	193,83	6,9857
2,0	120,60	1,1631	4,0	144,00	2,2303	14,0	195,53	7,2283

Tabelle XXXVII.

Latente und totale Wärme des Wasserdampfs nach Regnault.

Temperatur.	Tension in Atmosphären.	Latente Wärme.	Totale Wärme.
0	0,006	606,5	606,5
10	0,012	599,5	609,5
20	0,023	592,6	612,6
30	0,042	585,7	615,7
40	0,072	578,7	618,7
50	0,121	571,6	621,7
60	0,196	564,7	624,8
70	0,306	557,6	627,8
80	0,466	550,6	630,9
90	0,691	543,5	633,9
100	1,000	536,5	637,0
110	1,415	529,4	640,0
120	1,962	522,3	643,1
130	2,671	515,1	646,1
140	3,576	508,0	649,2
150	4,712	500,7	652,2
160	6,120	493,6	655,3
170	7,844	486,2	658,3
180	9,929	479,6	661,4
190	12,425	471,6	664,4
200	15,380	464,3	667,5

Tabelle XXXVIII.

a) Latente Wärme der Dämpfe nach Favre und Silbermann.

Alkohol = 208,92	Terpentinöl = 68,73
Aether = 91,11	Jod . . . = 23,95

b) Latente Wärme nach Andrews.

Wasser = 535,9	Schwefelkohlenstoff = 86,7
Alkohol = 202,4	Aether . . . . . = 90,5
Brom = 45,6	

Tabelle XXXIX.

Specifisches Gewicht der mit Wasserdampf gesättigten Luft pro Cubik-Decimeter in Gramm.

Totale Tension = 760 Millimeter.

	Partiartensionen.	Specifische Gewichte.	Summa.
		Grm. Grm.	Grm.
Bei 0°	4,600 + 755,400	0,00540 + 1,28583	1,29123
„ 5	6,534 + 753,466	0,00727 + 1,25948	1,26675
„ 10	9,165 + 750,835	0,00974 + 1,23287	1,24261
„ 15	12,699 + 747,301	0,01299 + 1,20584	1,21883
„ 20	17,391 + 742,609	0,01718 + 1,17773	1,19491
„ 25	23,550 + 736,450	0,02252 + 1,14848	1,17100

	Specif. Gewicht trockener Luft bei 760 Millim.	Specif. Gewicht feuchter Luft bei 760 Millim.	Differenz: Auftrieb pr. Cubik-Decimeter.
	Grm.	Grm.	Grm.
Bei 0°	1,29366	1,29123	0,00243
„ 5	1,27041	1,26675	0,00366
„ 10	1,24792	1,24261	0,00531
„ 15	1,22633	1,21883	0,00750
„ 20	1,20531	1,19491	0,01040
„ 25	1,18521	1,17100	0,01421

Die Zahlen des specif. Gewichts für den Wasserdampf sind der Tabelle von Biot entnommen.

Tabelle XL.

Absoluter Wärmeeffect nach Favre und Silbermann.

Wasserstoff	34462	Graphit	7762
Leuchtgas	11858	Diamant	7770
Grubengas	13063	Schwefel	2220
Kohlenoxyd	2403	Eisen zu Oxydoxydul . .	1352
Holzkohle zu Kohlensäure	8080	Zink	1277
„ zu Kohlenoxyd	2474	Kupfer	655

Tabelle XLI.

Verbrennungstemperaturen bei constanter Tension.

Wasserstoff mit Chlor zu Chlorwasserstoff	3532°
Kohlenoxyd mit Sauerstoff zu Kohlensäure	7065°
Grubengas mit Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasserdampf	7851°
Elaylgas desgl.	9187°
Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasserdampf	8061°

Pyrometrischer Wärmeeffect bei Verbrennung in Luft.

Kohlenoxyd zu Kohlensäure	2996°
Grubengas zu Kohlensäure und Wasserdampf	3776°
Elaylgas „ „ „ „	2919°
Wasserstoff zu Wasserdampf	3208°

Tabelle XLII.

a) Calorische Aequivalente einfacher Körper

	mit Sauerstoff.	mit Chlor.	mit Schwefel.
Wasserstoff	34462	23783	2741
Kalium	76238	97091	—
Zink	42451	50296	20940
Eisen	37828	49651	17753
Kupfer	21885	29524	9133
Blei	27675	44730	9556
Silber	6113	34800	5524

b) Calorische Aequivalente zusammengesetzter Körper.

Metalloxyde.	Chemische Aequiv.	Schwefelsäure.	Salpetersäure.	Chlorwasserstoff.
Kali	47	16083	15510	15656
Natron	31	15810	15283	15128
Ammon	26	14690	13676	13536
Magnesia	20	14440	12840	13220
Eisenoxydul	36	10872	9648	9828
Zinkoxyd	41	10455	8323	8307
Kupferoxyd	40	7720	6400	6416

Tabelle XLIII.

Leitungsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten nach E. Becquerel.

Leitungsfähigkeit des Silbers = 100.

Concentrirte Kupfervitriollösung bei . .	9° Cels.	=	0,00000542
Gesättigte Kochsalzlösung (9,5°) . . .	13,4° „	=	0,00003152
Lösung von Kupferchlorid (1 Gr. auf 100 CC. Wasser)	?	=	0,00001035
Gesättigte Zinkvitriollösung	14,4° „	=	0,00000577
Lösung von Jodkalium, 12 Gr. auf 100 CC. Wasser	12,5° „	=	0,00001120
Schwefelsäurehydrat, 1 CC. auf 11 CC. Wasser	19° „	=	0,00008868
Salpetersäure, rohe, von 1,52 Dichte . .	13,1° „	=	0,00009377
Wasser	10° „	=	0,0000000135

Wasser bietet annähernd einen 1000 Millionenmal so grossen Widerstand als reines Kupfer.

Tabelle XLIV.

Elektromotorische Kraft verschiedener Rheomotoren nach Poggendorff.

Zink in Schwefelsäure ($^1/_4$) gegen Platin in rauchender Salpetersäure	= 181,2
„ „ Schwefelsäure ($^1/_4$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure . . . . . $d = (1{,}33)$	= 167,2
„ „ Schwefelsäure ($^1/_{12}$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure	= 160,3
„ „ Zinkvitriollösung, gesättigt, gegen Platin in verdünnter Salpetersäure	= 155,0
„ „ Kochsalzlösung, gesättigt, gegen Platin in verdünnter Salpetersäure	= 176,5
Zink, amalgamirt, in Schwefelsäure ($^1/_9$) gegen Platin in verdünnter Salpetersäure	= 156,5
„ amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Kohle in verdünnter Salpetersäure	= 153,4

Zink, amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Platin in Chromsäurelösung von 1,2 Dichte	=	97,7
„ amalgamirt, in Schwefelsäure gegen Kohle in Chromsäurelösung	=	157,4
„ amalgamirt, in Kochsalzlösung ($^1/_4$) gegen Kupfer in gesättigter Lösung von Kupfervitriol	=	100,0

M122847

QC1
B675
1871

Bothe, Ferdinand.
Physikalisches repetitorium; ...

SEP 17 1941 Bindery MAR 6 1942

C18209

M122847

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY